

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOMÁTICA**

**A RELAÇÃO DA DECLIVIDADE COM VARIÁVEIS
LIMNOLÓGICAS EM MICROBACIAS
HIDROGRÁFICAS. ESTUDO DE CASO: MUNICIPIO
DE RESTINGA SÊCA - RS**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Glênio Antônio da Luz

**Santa Maria, RS, Brasil
2006**

**A RELAÇÃO DA DECLIVIDADE COM VARIÁVEIS
LIMNOLÓGICAS EM MICROBACIAS HIDROGRÁFICAS.
ESTUDO DE CASO: MUNICÍPIO DE RESTINGA SÊCA - RS**

por

Glênio Antônio da Luz

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Geomática, Área de Concentração em Sensoriamento Remoto, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Geomática.**

Orientador: Prof. Waterloo Pereira Filho

Santa Maria, RS, Brasil

2006

© 2006

Todos os direitos autorais reservados a Glênio Antônio da Luz. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita com autorização por escrito do autor.

Endereço: Rua Henrique Herzer, n. 321, Bairro Centro, Restinga Sêca, RS, 97200-00

Fone (0xx)55 32611730; End. Eletr: glenioluz@gmail.com

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Rurais
Programa de Pós-Graduação em Geomática**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

**A RELAÇÃO DA DECLIVIDADE COM VARIÁVEIS
LIMNOLÓGICAS EM MICROBACIAS HIDROGRÁFICAS.
ESTUDO DE CASO: MUNICÍPIO DE RESTINGA SÊCA - RS**

elaborada por
Glênio Antônio da Luz

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Geomática

COMISSÃO EXAMINADORA:

Roberto Cassol, Dr. (UFSM)
(Presidente)

Pedro Roberto de Azambuja Madruga, Dr. (UFSM)

José Sales Mariano da Rocha, Dr. (UFSM)

Santa Maria, 18 de julho de 2006

LISTA DE SIGLAS

CBERS – Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres.

CCD - Charge Cower Device.

CE – Condutividade Elétrica.

DSG – Diretoria de Serviço Geográfico (Ministério do Exército).

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

IRMSS - Infrared Multispectral Scanner.

ONGs – Organizações Não Governamentais

pH – Potencial de Hidrogênio.

TDS – Total de Sedimentos Dissolvidos.

TSS – Total de Sedimentos em Suspensão.

UTM – Projeção Universal Transversa de Mercator.

WFI - Wide Field Imager.

SUMÁRIO

RESUMO.....	2
1. INTRODUÇÃO	6
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	9
2. 1. Princípios do Sensoriamento Remoto	9
2. 2. Satélite CBERS	10
2. 2. 1. Instrumentos Sensores.....	11
2. 2. 1. 1. Imageador de Amplo Campo de Visada (WFI – Wide Field Imager).....	11
2. 2. 1. 2. Câmera Imageadora de Alta Resolução (CCD – Charge Cower Device)..	11
2. 2. 1. 3. Imageador por Varredura de Média Resolução (IRMSS - Infrared Multispectral Scanner).....	12
2. 3. Geoprocessamento e Sistemas de Informações Geográficas.....	13
2. 4. Bacias Hidrográficas	17
2. 5. Recursos Hídricos	20
2. 6. Poluição dos Recursos Hídricos.....	22
2. 7. Ambiente	22
2. 8. Uso do Solo.....	23
2. 8. 1. Cobertura Vegetal	25
2. 9. Clinografia e Coeficiente de Rugosidade	25
3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	28
4. MATERIAL E METODOLOGIA	31
4. 1. Material.....	31
4. 2. Georreferenciamento das Cartas Topográficas.....	32
4. 3. Etapa da Digitalização.....	33
4. 4. Primeiros Processos Aplicados nas Imagens de Satélite.....	34
4. 4. 1. Segundo Processo Aplicado nas Imagens de Satélite: Georreferenciadas...	35
4. 4. 2. Classificação da Imagem	39
4. 5. Confecção dos Mapas.....	41
4. 6. Trabalho de Campo e Microbacias Hidrográficas Seleccionadas	43

5. ANÁLISE DOS RESULTADOS	46
5. 2.Variáveis Limnológicas das Microbacias Hidrográficas.....	55
5. 2. 1. Condutividade Elétrica (CE)	55
5. 2. 3. Potencial de Hidrogênio (pH)	59
5. 2. 4. Total de Sedimentos em Suspensão (TSS)	61
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	65
7. BIBLIOGRAFIAS	67
8. ANEXOS	70

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estrutura topológica do tipo ponto, arco, nó e polígono.	16
Figura 2 – Localização da área de estudo	30
Figura 3 – Uso da Terra da Microbacia Hidrográfica 1.....	46
Figura 4 – Uso da Terra da Microbacia Hidrográfica 2.....	47
Figura 5 – Uso da Terra da Microbacia Hidrográfica 3.....	47
Figura 6 – Uso da Terra da Microbacia Hidrográfica 4.....	48
Figura 7 – Uso da Terra da Microbacia Hidrográfica 5.....	48
Figura 8 – Uso da Terra da Microbacia Hidrográfica 6.....	49
Figura 9 – Uso da Terra da Microbacia Hidrográfica 7.....	50
Figura 10 – Uso da Terra da Microbacia Hidrográfica 8.....	50
Figura 11 – Uso da Terra da Microbacia Hidrográfica 9.....	51
Figura 12 – Uso da Terra da Microbacia Hidrográfica 10.....	51
Figura 13 – Uso da Terra da Microbacia Hidrográfica 11.....	52
Figura 14 – Uso da Terra da Microbacia Hidrográfica 12.....	53
Figura 15 – Uso da Terra da Microbacia Hidrográfica 13.....	53
Figura 16 – Uso da Terra da Microbacia Hidrográfica 14.....	54
Figura 17 – Tamanho das Microbacias Hidrográficas.	55
Figura 18 – Porcentagens de áreas nas Microbacias Hidrográficas com declividades das vertentes maiores que 12% e suas respectivas CE.	56
Figura 19 - Área total das Microbacias Hidrográficas e suas respectivas CE.	57
Figura 20 - Declividades de 0% a 12% e campos com suas respectivas variações de CE.	57
Figura 21 - Declividades de 12% a 47% com pastagens e suas respectivas CE.....	58
Figura 22 – Solo exposto e suas respectivas CE.....	59
Figura 23 - Área total com pH.	60
Figura 24 - Matas com pH.....	61
Figura 25 - Área total e TSS.....	62

Figura 26 – Declividade de 12% a 47% versus campos com TSS.....	62
Figura 27 – Declividade maiores que 47% versus campos com TSS	63
Figura 28 – Declividade maiores que 47% versus campos com TSS	64
Figura 29 – Declividade maiores que 47% versus campos com TSS	64

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Intervalo de classes de uso da terra.....	26
Quadro 2 - Localização de pontos de georreferencia.....	37
Quadro 3 - Pontos de georreferência das imagens.....	38
Quadro 4 - Classificação da imagem do mapa clinográfico.	42

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1 - Georreferenciamento das Cartas Topográficas.

Anexo 2 - Dados Limnológicos das Microbacias Hidrográficas.

Anexo 3 - Dados de CE, TSS, pH, TDS, temperatura do ar e temperatura da água correlacionados com classes dos mapas.

Anexo 4 – Mapa de Declividade versus Uso da Terra do Município de Restinga Sêca.

Anexo 5 - Mapa de Uso da Terra do Município de Restinga Sêca.

Anexo 6 - Mapa Base do Município de Restinga Sêca.

Anexo 7 - Mapa Clinográfico do Município de Restinga Sêca.

AGRADECIMENTOS

Ao finalizar este trabalho devo agradecer a Universidade Federal de Santa Maria, ao Laboratório de Geoprocessamento do Centro de Ciências Rurais e a pessoas do meu convívio do passar destes anos como acadêmico de pós-graduação:

A meus pais Doly P. da Luz e Lídia S. da Luz que me incentivaram, me deram coragem nos momentos mais difíceis, que estiveram do meu lado nas horas que eu mais precisei.

Ao orientador prof. Dr. Waterloo Pereira Filho pela dedicação, orientação e incentivo a pesquisa.

A banca pela contribuição dada para a pesquisa,

A todos os professores do Curso de Geografia da Universidade Federal de Santa Maria que foram os responsáveis pela minha formação.

A os professores dos cursos de pós-graduação, Mestrado em Geomática e Especialização em Geografia e Geociências, que sempre estiveram disponíveis para responderem as minhas dúvidas.

Aos que me ajudaram nos casos de duvidas quanto ao software: o prof. Dr. Pedro Roberto Madruga, Jordano Francisco Zagonel e Márcio Lorens.

Aos meus amigos e colegas Márcia A. Trentin, Edison A. Alberti, Jurandir Goldani, Isabel Camponogara, Sônia M. Fogiato, Idomiro de Oliveira, Lucas Kegler, Dione Rossi Farias, Flávio Wachholz enfim a todos os colegas e amigos que contribuíram de forma direta ou indireta com a minha formação profissional.

RESUMO

Dissertação de Mestrado

Programa de Pós-Graduação Mestrado em Geomática

Universidade Federal de Santa Maria

A RELAÇÃO DA DECLIVIDADE COM VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS EM MICROBACIAS HIDROGRÁFICAS. ESTUDO DE CASO: MUNICÍPIO DE RESTINGA SÊCA - RS

Autor: Glênio Antônio da Luz

Orientador: Waterloo Pereira Filho

Local e data de defesa: Santa Maria, 18 de julho de 2006.

O grau de desenvolvimento de uma sociedade depende principalmente dos recursos naturais disponíveis para o seu desenvolvimento, em segundo a tecnologia e a cultura. O solo e os recursos hídricos são recursos naturais muito importantes para a humanidade de onde se extrai o sustento das sociedades, a qualidade e a quantidade dos recursos naturais são muito relativas, dependem de fatores naturais e a tecnologia utilizada para a sua exploração. Dessa forma é muito importante levar em consideração a preservação do solo e dos recursos hídricos já que é um grande indicador de qualidade de vida de uma sociedade. O que vem se observando, nas últimas décadas, que o mercado capitalista preocupado com quantidade e qualidade dos produtos acabou deixando de lado questões vinculadas a sustentabilidade dos sistemas produtivos, preocupou-se apenas em obter lucro rápido. Apreensivo com a qualidade dos recursos hídricos que estão vinculados com o tipo e o modo de uso da terra, este trabalho tem como objetivo central verificar se variáveis dos corpos de água dependem do relevo e das formas de uso da terra, avaliado por sensoriamento remoto e trabalho de campo de onde foram extraídas informações como: quantidade de sedimentos, condutividade elétrica, potencial de hidrogênio e temperatura dos corpos de água. Observou-se que as áreas das microbacias hidrográficas possuem grande relação com todas as variáveis limnológicas. O potencial de hidrogênio nas microbacias hidrográficas está mais relacionado com o tamanho da área e a

quantidade de matas nas microbacias hidrográficas. O total de sedimentos em suspensão depende principalmente do tamanho da área da microbacia hidrográfica, mas há outros fatores que influenciam na porcentagem de sedimentos em suspensão como as declividades maiores que 47% e as declividades entre 12% a 47% com a presença de campos. A condutividade elétrica verificada nas águas das microbacias hidrográficas estudadas possui forte relação com a declividade de 12% a 47%, com a área total da microbacia, dos campos, das pastagens e do solo exposto.

Palavra chaves: microbacias hidrográficas, condutividade elétrica, sedimentos em suspensão

ABSTRACT

Dissertation of Master's Degree
Program of Master's Degree in Geomatic
Universidade Federal de Santa Maria

THE RELATIONSHIP OF THE STEEPNESS WITH LIMNOLOGICAL VARIABLES IN HYDROGRAPHIC BASINS. STUDY OF CASE: MUNICIPAL DISTRICT OF RESTINGA SÊCA – RIO GRANDE DO SUL STATE

Author: Glênio Antônio da Luz

Advisor: Waterloo Pereira Filho

Date and local of defense: Santa Maria, July 18, 2006.

The development degree of a society depends mainly on the available natural resources for its development, in second level to the technology and the culture. The soil and the hydric resources are very important natural resources for the humanity from where is extracted the sustenance of the societies, the quality and the amount of the natural resources are very relative, it depends on natural factors and the technology used for its exploration. In that way, it's very important to take in consideration the soil preservation and of the hydric resources since they are a great indicator of the society life quality. In the last decades, we observing that the capitalist market are concerned with the amount and the quality of his products and put away linked subjects to productive systems sustainability and just worried in obtaining fast profit. Due to concern with the quality of the hydric resources linked with the type and the way of the earth use, this work has as central objective to verify if you varied of the water bodies depend on the relief and in the ways of the earth use, appraised for remote sensing and field work from where were extracted information as: amount of sediments, electric conductivity, potential of hydrogen and temperature of the water bodies. It was observed that the areas of the hydrographic basins possess great relationship with all the limnological variables. In the hydrographic basins the potential of hydrogen is more related with the area size and the amount of forests contained in it. The total of sediments in suspension mainly

depends on the size of the hydrographic basin area, but there are other factors that influence in the percentage of sediments in suspension as the largest steepness than 47% and the steepness among 12% to 47% with the presence of fields. The electric conductivity verified in the hydrographic basins studied possesses a strong relationship with the steepness classes among 12% to 47%, with the total area hydrographic basin, with fields, pastures and exposed soil.

Keywords: hydrographic basins, electric conductivity, sediments in suspension

1. INTRODUÇÃO

As relações que o homem possui com o meio ambiente se constituem em uma série de fatores de grande importância para a qualidade de vida do próprio homem. É através da maneira como o meio ambiente, é utilizado para extração de sua sobrevivência que, muitas vezes, o homem acaba degradando o seu próprio habitat. No atual momento da história da humanidade a necessidade de extrair riquezas da terra, é uma questão de grande importância, pois é através do aumento da produtividade que conseguimos reforçar o mercado do nosso país, torna-lo mais competitivo e importante dentro do cenário mundial.

O mercado nunca se satisfaz com a produção, necessitando de maior quantidade e melhor qualidade, o que exige produção em escala sempre progressiva. Para tentar satisfazer o mercado, os produtores agrícolas plantam áreas cada vez maiores e com a utilização de melhores tecnologias, buscando, assim, uma redução no custo de produção em função do aumento da tecnologia.

Paralelamente, no sentido oposto ao mercado não existe a sustentabilidade deste sistema de produção, ou seja, há uma despreocupação com o meio ambiente, fator que engloba todos os outros setores da sociedade incluindo o próprio mercado. Portanto, a não sustentabilidade significaria um futuro com uma série de perdas na produtividade, na saúde, na qualidade de vida do homem entre outros fatores negativos que poderiam vir a aflorar na sociedade.

A sustentabilidade é um assunto que, atualmente, através da mídia (jornais, revistas, bibliografias entre outros), entidades governamentais e ONGs (Organizações Não Governamentais) vem sendo muito discutido em relação às questões de preservação do meio ambiente. Estamos em um momento da história da humanidade em que o espaço produtivo está altamente ocupado pela produção para atender ao mercado capitalista, o que gera uma série de dificuldades para o meio ambiente, resposta contrária para a alta produção.

O presente trabalho foi realizado no Município de Restinga Sêca, o qual é altamente propício para a agricultura devido ao predomínio das baixas declividades

em seu terreno e da fertilidade de seus solos, motivo que o levou a ser altamente ocupado pela agricultura, principalmente fumo e soja nas áreas não irrigadas e arroz nas áreas irrigadas, entre outros produtos agrícolas. A criação de bovinos e ovinos também é bastante significativa para a economia e se desenvolve nas áreas cobertas por pastagens e campos.

A colonização do Município de Restinga Sêca ocorreu em 1817, mas foi em 1857 que ocorreu a vinda dos imigrantes alemães para a região de Santo Ângelo, atual Agudo, muitos dos quais se dirigiram para o município de Restinga Seca (Oliveira, 1983)

O Município de Restinga Sêca está localizado na região geomorfológica da Depressão Central do Estado do Rio Grande do Sul. É uma área que possui o predomínio de baixas declividades, motivo pelo qual a terra é altamente utilizada pela agricultura e pecuária, sendo esta última melhorada através de pastagens e campos nativos limpos.

A opção pela mencionada área se deu em função da alta utilização da terra apesar de apresentar um predomínio de baixas declividades, na crença de que irá surgir novo e diferentes indicadores de degradação ambiental que não será tanto em função da declividade, mas de fatores de uso da terra e planejamento do espaço de produção, na verdade serão cultivos, ou melhor, classes, ou classe de uso da terra que será o maior liberador de sedimentação para os corpos de água.

A base de apoio dos estudos ambientais é o Sensoriamento Remoto, o qual vem se desenvolvendo a cada dia na busca de melhores resoluções espectrais, espaciais e temporais para obtenção de melhores precisões no estudo da superfície terrestre, através dos sensores orbitais, sub-orbitais e aerotransportados. Além disso Luz (2005) possibilita uma série de aplicabilidades na detecção de tipos de vegetações, localização de áreas na detecção de alvos vegetais na superfície terrestre, no controle ambiental de desmatamentos, na quantificação, na localização de espécies e queimadas em áreas de reservas florestais, na detecção de áreas florestadas nas grandes cidades, entre outros.

No Brasil os custos das imagens de satélite obtiveram uma redução no valor, tiveram um avanço muito grande na precisão e na resolução. Portanto neste

trabalho, as imagens de satélite foram utilizadas com o objetivo de esclarecer e apresentar as possíveis causas da presença de sedimentos nos corpos e cursos de água.

Em seus capítulos, o trabalho apresenta os fatores liberadores de sedimentos para os corpos de água e cursos de água. Na análise dos resultados, primeiramente, se tem uma relação entre as declividades e as classes de água, relação feita entre as classes de declividades que vão de 0% a mais de 45%, as quais foram cruzadas com as classes de água com sedimento e água sem sedimento. Posteriormente foi testada a relação entre as classes de água (água com sedimento e água sem sedimento) com as classes de declividade versus uso da terra.

O objetivo central da pesquisa foi verificar se as variáveis dos corpos de água dependem do relevo e das formas de uso da terra, as quais foram avaliadas por Sensoriamento Remoto e trabalho de campo.

Quanto a os objetivos específicos:

- através do uso do Sensoriamento Remoto foram localizadas e quantificadas as classes de uso da terra;
- através do trabalho de campo verificou-se a quantidade de sedimentos, pH e temperatura presente nos cursos de água;
- e, por fim, foram cruzadas as informações e estabelecido um critério relacionando os fatores que justificam a presença de sedimento na área estudada.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2. 1. Princípios do Sensoriamento Remoto

Para Mather (1996), o Sensoriamento Remoto inclui a mensuração e armazenamento de energia eletromagnética refletida da superfície da terra e da atmosfera, com vantagem sobre os materiais presentes na superfície da terra, tal como a mensuração, relação e distribuição dos materiais na superfície e na atmosfera.

Ainda segundo Mather (1996), o instrumento sensor pode estar a bordo de uma plataforma de um satélite ou a bordo de um avião. Faz uma varredura na superfície da terra, através do sistema de scanner em forma de linhas, detectando e medindo a energia eletromagnética refletida da superfície da terra na forma de intervalos regulares, os quais são gravados em valores digitais.

Richards (1995) descreve que estes valores de dados digitais possuem formatos, sendo:

- Em forma de dados espaciais e resoluções espaciais, os quais são compostos por elementos chamados pixels;
- Em formatos quantificados de radiometria e resolução radiométrica que descreve o perfil gráfico do brilho dos materiais. A resolução radiométrica descreve o valor do brilho dos elementos na superfície terrestre, sendo expressa em dados numéricos de dígitos binários, bits, necessários para representar um valor de brilho;
- A resolução espacial descreve o tamanho do pixel e a relação em metros no terreno,

De acordo com Mather (1996), o scanner faz a varredura em forma de linhas e a união destas linhas forma a imagem de natureza numérica computacional. Esta imagem é interpretada através de elementos geográficos presentes na superfície da terra, tais como: vegetação, solo exposto, rocha ou água. A detecção destes

materiais em sensoriamento remoto não é feita através de uma imagem, de forma direta, pois é preciso considerar a variação das medidas eletromagnéticas da radiação refletida pela terra e as propriedades físicas dos materiais dispostos na superfície da terra, tais como medidas de radiação e refletância do albedo dos materiais.

Mather (1996) apresenta uma relação entre o sensoriamento remoto que utiliza o sistema de scanner, em forma de composição de linhas, e a forma analógica, de fotografias aéreas, afirmando que as fotografias não podem ser processadas na forma digital computacional, mas que pode ser passada para a forma digital através de um scanner.

Para Richards (1995) a principal característica das imagens de sensoriamento remoto são os comprimentos de onda que são dados em forma de bandas. Quanto aos tipos de instrumentos sensores, o autor descreve que algumas imagens advêm da quantificação espacial da reflexão solar em comprimentos de onda no violeta visível e infravermelho próximo, outras, através da distribuição de energia emitida da terra através do infravermelho termal, outras ainda através de bandas de microondas medida através do retorno de microondas da superfície terrestre e por último, através de uma fonte de emissão de energia detectada por sensores, sensores passivos.

2. 2. Satélite CBERS

O primeiro satélite CBERS, o CBERS 1 foi lançado do Centro de Lançamento de Taiyuan por um foguete Chinês, o Longa Marcha 4B, no dia 14 de outubro de 1999. Tem uma órbita hélio-síncrona e está a uma altitude de 778 km, fazendo cerca de 14 revoluções por dia, sendo que em 26 dias consegue obter uma cobertura completa da terra.

O CBERS 1 possui 3 câmeras:

CCD – Câmera Imageadora de Alta Resolução;

IRMSS – Imageador por Varredura de Média Resolução;

WFI – Câmera Imageadora de Amplo Campo de Visada.

O CBERS 2 é idêntico ao CBERS 1, foi desenvolvido em conjunto com a China e lançado no dia 21 de outubro de 2003 do Centro de Lançamento de Taiwan.

2. 2. 1. Instrumentos Sensores

2. 2. 1. 1. Imageador de Amplo Campo de Visada (WFI – Wide Field Imager)

O imageador de amplo campo de visada (WFI) Produz uma imagem de 890 km de largura, com resolução espacial de 260 m e, de cinco em cinco dias faz uma cobertura total do globo.

O Sensor WFI possui as seguintes características:

- Bandas espectrais: 0,63 - 0,69 μm (vermelho)
0,77 - 0,89 μm (infravermelho)
- Campo de Visada: 60°
- Resolução espacial: 260 x 260 m
- Largura da faixa imageada: 890 km
- Resolução temporal: 5 dias
- Frequência da portadora de RF: 8203,35 MHz
- Taxa de dados da imagem: 1,1 Mbit/s
- Potência Efetiva Isotrópica Irradiada: 31,8 dBm

2. 2. 1. 2. Câmera Imageadora de Alta Resolução (CCD – Charge Cower Device)

Fornece uma imagem na faixa de 113 km de largura com resolução de 20 metros. É possível obter a estereoscopia das imagens de algumas regiões, o outro

fator importante é que qualquer fenômeno detectado pelo WFI pode ser focalizado pela câmera CCD. A câmera CCD possui 5 faixas espectrais e uma pancromática de 0,51 a 0,73 μm . Duas faixas espectrais do WFI são empregadas na câmera CCD, assim a cobertura total do globo é obtida em 26 dias.

Características da Câmera Imageadora de Alta Resolução CCD:

- Bandas espectrais: 0,51 - 0,73 μm (pan)
 - 0,45 - 0,52 μm (azul)
 - 0,52 - 0,59 μm (verde)
 - 0,63 - 0,69 μm (vermelho)
 - 0,77 - 0,89 μm (infravermelho próximo)
- Campo de Visada: 8,3°
- Resolução espacial: 20 x 20 m
- Largura da faixa imageada: 113 km
- Capacidade de apontamento do espelho: $\pm 32^\circ$
- Resolução temporal: 26 dias com visada vertical (3 dias com visada lateral)
- Frequência da portadora de RF: 8103 MHz e 8321 MHz
- Taxa de dados da imagem: 2 x 53 Mbit/s
- Potência Efetiva Isotrópica Irrradiada: 43 dBm

2. 2. 1. 3. Imageador por Varredura de Média Resolução (IRMSS - Infrared Multispectral Scanner)

Possui 4 faixas espectrais que vai até o infra-vermelho termal. Produz imagens com 120 km de largura com resolução de 80 metros, com exceção do canal termal que é de 160 metros e reproduz a cobertura total da terra no período de 26 dias.

Características do Imageador por Varredura de Média Resolução IRMSS:

- Bandas espectrais: 0,50 - 1,10 μm (pancromática)
 - 1,55 - 1,75 μm (infravermelho médio)
 - 2,08 - 2,35 μm (infravermelho médio)

10,40 - 12,50 μm (infravermelho termal)

- Campo de Visada: $8,8^\circ$
- Resolução espacial: 80 x 80 m (160 x 160 m termal)
- Largura da faixa imageada: 120 km
- Resolução temporal: 26 dias
- Frequência da portadora de RF: 8216,84 MHz
- Taxa de dados da imagem: 6,13 Mbit/s
- Potência Efetiva Isotrópica Irradiada: 39,2 dBm

2. 3. Geoprocessamento e Sistemas de Informações Geográficas

Burrough & McDonnell (1998) afirmam que no final do século vinte houve uma demanda por dados de topografia e temas específicos da superfície terrestre, tais como, recursos naturais, o que foi acelerado pela aerofotogrametria e imagens de sensoriamento remoto. O estudo da terra vem evoluindo devido à necessidade de produzir alimento para suportar a carga populacional do mundo. A aerofotogrametria permitiu o mapeamento de grandes áreas, permitindo a extração e mapeamento de dados semi-detalhados dos recursos terrestres de geologia, ciências do solo, ecologia e outros usos com enormes vantagens assim os mapas temáticos são fontes de informações de recursos, exploração e administração da superfície terrestre.

No Brasil o geoprocessamento foi introduzido no início da década de 80, mas apenas no final da década de 80 é que os objetivos do processamento digital passaram a serem mais abrangentes associando dados de satélite, informações geocodificadas e análises de dados de diversas fontes georreferenciadas.

Este tratamento digital passou a ser chamado de geoprocessamento, é entendido como a utilização de técnicas matemáticas e computacionais para tratar dados obtidos de fenômenos ou objetos geograficamente identificados e, também,

para extrair informações destes objetos ou fenômenos, quando extraído de um sistema sensor Moreira (2003).

Segundo Moreira (2003), as ferramentas utilizadas para a realização do geoprocessamento são chamadas de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), ou Geographic Information System (GIS). Os primeiros SIGs desenvolvidos no Brasil foram: SAGA, MaxiCAD, SAGRE, SITIM SGI e SPRING, mas atualmente se tem no mercado vários SIGs, tais como: APIC Systèns, ARC/INFO ESRI, AutoDesk World (AutoDesk), DBMapa MaxiData, Genasys, GIS Plus Caliper, IDRISI Clark University, MapInfo, Maptitude Caliper, MGE Intergraph, SPRING INPE e Vision*GIS System House.

Acrescenta-se que além destes SIGs existe o “Campeiro”, um software de tratamento de dados georreferenciados de gerenciamento e informática rural, do departamento de Engenharia Rural – CCR da Universidade Federal de Santa Maria, construído pelo professor doutor Enio Giotto.

Moreira (2003) descreve que o IDRISI da Clark University trabalha na estrutura de dados matriciais, com banco de dados proprietário, funciona no Windows e é muito voltado para as aplicações ambientais.

Para Moreira (2003) um SIG possui duas características principais a primeira “permite inserir e integrar, numa única base de dados (banco de dados), informações espaciais provenientes de diversas fontes, como: cartografia, imagem de satélite, dados censitários, dados de cadastro rural e urbano, dados de redes e de MNT (Modelo Numérico do Terreno); a segunda oferece mecanismo para combinar várias informações através de algoritmos de manipulação e análise, bem como de consulta, recuperação, visualização e plotagem do conteúdo dessa base de dados georreferenciados (p.252)”.

De acordo com Moreira (2003), a configuração de um software de geoprocessamento deve possuir uma interface que serve de suporte para a entrada e integração dos dados onde a entrada refere-se à aquisição de dados contidos em mapas, enquanto que a integração de dados são as conversões de formatos e identificação dos objetos de modo sistemático.

A um software de geoprocessamento também serve para consulta e análise espacial, consistindo em operadores analíticos e manipulação de dados para se gerar informações. A visualização e a plotagem podem ser obtidas em monitores de vídeo, impressoras ou ploters, formando o banco de dados geográficos, conjunto de arquivos que possibilita o acesso a informações do mundo real.

Os SIGs são organizados de duas formas, que segundo WARD & ELLIOT, (1995) podendo ser de dois modos: raster ou vetor. A forma raster é uma grade de células que reproduzem a imagem, com um determinado número de células que forma uma área. A unidade mínima da forma raster é a célula, chamada de Pixel, que significa picture (pix) elements (els) ou pixels.

Moreira (2003) afirma que forma raster é também chamada de matricial descrevendo que o espaço é representado por uma matriz composta por linhas e colunas, $P(m, n)$, sendo que cada célula possui um determinado número de linhas e colunas possuindo um valor (z), valor do pixel do nível de cinza referente ao alvo refletido.

De acordo com Ward & Elliot (1995) o vetor possui uma posição na forma de pontos nas coordenadas (x, y), sendo que os pontos conectados formam uma linha a qual conectada em todos os seus pontos pode formar um polígono.

Para Moreira (2003), na forma vetorial, os objetos são representados por linhas, pontos, áreas ou polígonos. O ponto é um par de ordenados (x, y) de coordenadas espaciais, as linhas poligonais consistem em um conjunto de pontos conectados e o polígono é uma região limitada por uma ou mais linhas poligonais.

Assad & Sano (1995) descrevem que os polígonos são representados por uma lista de linhas que os compõem, conforme figura 1, sendo elas:

- Topologia arco-nó: o nó é um ponto de intersecção entre linhas e o arco consiste em uma linha delimitada por dois nós.
- Topologia arco-nó-polígono: representa uma área, ou seja, linha fechada por um ponto, um nó ou mais.

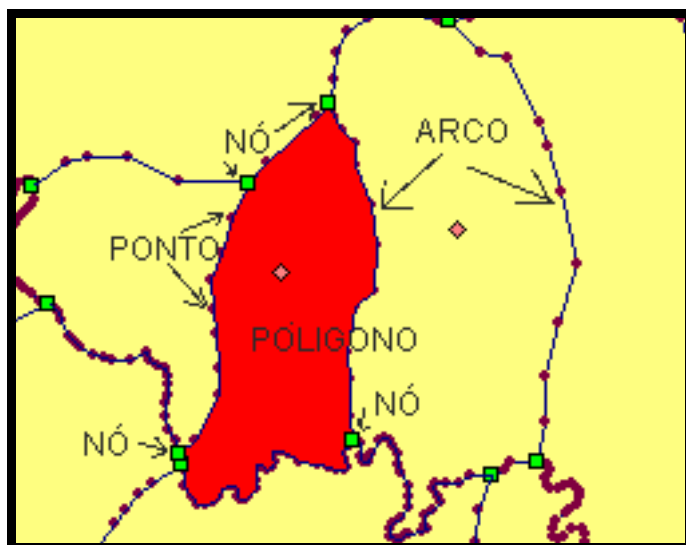


Figura 1 - Estrutura topológica do tipo ponto, arco, nó e polígono.

Fonte: Da Luz, (2005).

Bruce Babbitt¹ (1996 apud BURROUGH & MCDONNELL, 1998) os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e tecnologias de informações são vistos como panacéia para todas as cidades, estados, nações e até mesmo conflitos globais, porém os SIGs são meios utilizados para soluções de alguns problemas. Um SIG não pode ser considerado uma ciência acima dos valores humanos, pois só terá sentido se os dados forem definidos de acordo com as metas estabelecidas para responder os objetivos de uma pesquisa, caso contrário tornar-se-á uma aglomeração de dados, sem sentido.

Ward & Elliot (1995) comentam que a qualidade do banco de dados de um SIG é um importante resultado do esforço de determiná-los com precisão. Existem vários métodos que são utilizados como testes para ter boa precisão, estes podem ser testados avaliados e melhorados através da visualização do desenho.

¹ Um discurso feito por Bruce Babbitt da Secretary of the United States Department of the Interior, presidente da Federal Data Committee, durante uma conferência, a ESRI User Conference in Palm Springs, em 21 maio de 1996.

2. 4. Bacias Hidrográficas

Para Rocha (1993) uma bacia hidrográfica é uma área de captação natural de água da chuva, a qual converge para um único ponto, o exutório. O mesmo autor acrescenta que a bacia hidrográfica drena água das chuvas através de canais, ravinhas e tributários que convergem para um canal principal, deságuando no mar ou em um lago.

Ao realizar estudos em bacias hidrográficas da margem esquerda do Reservatório de Tucuruí, no Pará, PEREIRA FILHO (2000) relacionou o grau de influência que o ambiente terrestre possui no ambiente aquático. Com o auxílio de imagens de satélite do Landsat 5, sensor Thematic Mapper (TM), nas datas de 1988 e 1994, relacionou a evolução do uso da terra nas diferentes bacias hidrográficas, tendo como classes de uso as categorias de floresta, pasto sujo e pasto limpo, assim, com o auxílio de um banco de dados georreferenciados através do SPRING, foram extraídas as informações.

Quanto ao ambiente aquático, as informações foram obtidas através de imagens de satélite de infestação de plantas aquáticas, macrófitas. Da água foram extraídas informações como Nitrogênio total, Fósforo total, clorofila, condutividade elétrica, Totais de sedimentos em suspensão e profundidade do disco de Secchi.

O resultado obtido mostrou que o ambiente terrestre tem influência no ambiente aquático, principalmente quanto a condutividade elétrica e o fósforo, correlacionados com a diminuição da proteção do solo pelo desmatamento. A infestação por plantas aquáticas em bacias hidrográficas, esta relacionada com o estado de preservação das bacias hidrográficas, pois quanto mais preservadas menor a infestação destas plantas.

Rocha (1997) estabelece um valor quantitativo para definir sub-bacia hidrográfica que varia de 20.000 hectares a 300.000 hectares. Quanto ao conceito de sub-bacia hidrográfica é o mesmo de bacia hidrográfica, acrescido que deságua em um outro rio.

Para Rocha (1997) microbacia hidrográfica é definida pelo mesmo conceito de bacia hidrográfica, acrescida que deságua em outro rio. Quanto a será sempre inferior a 20.000 hectares.

Para Rocha (1997) o limite até 20.000 hectares consiste na área máxima para se fazer um manejo integrado ou um gerenciamento.

Neste sentido, Rocha (1997), as ravinas são sulcos surgidos de forma natural nas linhas divisórias de água, local onde o inicia da erosão os canais são drenos naturais que iniciam no término das ravinas e vão até a base da encosta, podendo ser perenes ou não. Os tributários iniciam no término dos canais e são perenes, sendo que os perenes até 2 metros são de terceira ordem, de 2 metros a 10 metros são de quarta ordem e com mais de 10 metros são de quinta ordem. As ravinas de primeira ordem referem-se a ravinas, e as de segunda ordem são os canais.

Tucci (1993) ao tratar da remoção de sedimentos em bacias hidrográficas, de forma descontrolada em função da falta de conservação do solo, aponta efeitos negativos de degradação do solo e prejuízos na lavoura, resultante da obstrução de drenos e recobrimento de áreas agrícolas por sedimentos estéreis. Também há prejuízos em outras áreas, como nos reservatórios assoreados, na manutenção de sistemas de irrigação e drenagem, em drenagens de vias navegáveis, no tratamento de água para o consumo em indústrias e doméstico, na manutenção de rodovias e na remoção de sedimentos em áreas atingidas pelas inundações.

O mesmo autor, ao tratar do ciclo hidrossedimentológico, aponta que os processos e os componentes dizem respeito aos processos de desagregação, de erosão, de transporte, de decantação, de deposição e de consolidação. Os processos hidrossedimentológicos segundo Tucci (1993), são acelerados pelas atividades antrópicas, sendo que as atividades que mais afetam este ciclo são os desmatamentos, a agricultura, a urbanização, a mineração, a construção de estradas, a retificação e o barramento dos cursos de água. Com estes fatores que aumentam as erosões e os depósitos, muitas vezes têm-se a deterioração da qualidade dos sedimentos, prejudicando a vida aquática.

A capacidade de transporte e deposição de sedimentos em suspensão será determinada pela carga de sedimentos em trânsito, podendo haver deposição em algumas partes do leito da bacia hidrográfica de acordo com as saliências do fundo do leito para expressar o aparecimento de erosão e depósito. Portanto considera-se a seguinte fórmula:

$$G_{sta} \geq \lambda T \quad (1)$$

Assim sendo, G_{sta} consiste na descarga sólida total de abastecimento, T capacidade de transporte e λ um operador que dá conta das possibilidades de adaptação da capacidade de transporte. Se λ condicionar a capacidade máxima de transporte para T máximo haverá depósito desde que G_{sta} for maior que T máximo, e se G_{sta} for menor que T mínimo o material de fundo será removido.

Tucci (1993) afirma que a capacidade de transporte de sedimentos por uma bacia hidrográfica é definida por fatores como o diâmetro dos sedimentos, velocidade média ou a vazão, descarga sólida em peso pela unidade de largura, tensão de cisalhamento do fundo, declive da linha de água, vazão por unidade de largura, velocidade média do escoamento, ondulações do fundo e erosão do fundo do leito.

A produção de sedimento em uma bacia hidrográfica depende de fatores como peso dos sedimentos produzidos por uma chuva, pico de vazão produzido por esta chuva, volume de água escoado, coeficiente médio de erodibilidade dos solos da bacia, fator topográfico médio da bacia hidrográfica, tipo de vegetação que ocupa a área da bacia e práticas de conservação do solo usadas na bacia hidrográfica.

Para Da Silveira & Cruz (2005) a distribuição do tamanho das partículas do solo definem a maior ou menor facilidade de movimentos de solutos. As porcentagens de comparáveis de silte (0,05 – 0,002 mm) em relação às porcentagens de areia (2 – 0,05 mm) e argila (<0,002 mm) permitem estimar a os volumes de micro e macro poros. A microporosidade aumenta com o aumento da argila, reduzindo a velocidade de transporte de solutos, pois os poros intra-agregados diminuem a intensidade de fluxo de massa.

A equação de perda de solos, segundo Da Silveira & Cruz (2005), é proporcional à declividade, comprimento da encosta, à erodibilidade do solo, ao tipo de cobertura vegetal do terreno, à erosividade (poder erosivo da chuva) e ao tempo.

2. 5. Recursos Hídricos

Rocha (2001) classifica as águas em função do tratamento requerido para produzir água potável:

- A classe especial é destinada ao abastecimento doméstico, obtida com simples desinfecção e adequada para o equilíbrio das comunidades aquáticas,

- A classe 1 também é utilizada para o abastecimento doméstico, mas com tratamento simplificado, utilizado para atividades de recreação e irrigação de hortas e verduras que podem ser consumidas cruas e sem remoção da casca,

- A classe 2 é destinada para o abastecimento após tratamento convencional, também utilizada para atividade de recreação e irrigação de hortaliças,

- A classe 3 é utilizada para o abastecimento doméstico após tratamento convencional, irrigação e dessedentação de animais,

- A classe 4 é utilizada para a navegação, harmonia paisagística e outros usos que não entre em contato com a pele ou a alimentação humana.

Até o limite da classe 2 se tem uma adequação para a vida aquática, mas as demais classes já se têm interferência na vida aquática.

Para Chapman (1996) há uma complexidade de fatores que determinam a qualidade da água, também há uma grande variedade de usos da água que especificam o estado de qualidade da água, o que vem a dificultar a definição de qualidade daquela.

Chapman (1996) faz um paralelo entre qualidade aquática ambiental e poluição ambiental aquática, sendo que a qualidade aquática ambiental é definida por:

- Uma série de concentrações, especiações e partições físicas de substâncias orgânicas ou inorgânicas;
- Uma composição e um estado de vida aquática no corpo de água;
- Descrição temporal e espacial, onde se tem dois fatores, um interno e outro externo ao corpo de água.

A poluição ambiental aquática é introduzida pelo homem através da introdução de substâncias ou energia que, direta ou indiretamente, afeta os corpos de água causando danos que podem ser definidos como:

- Destruição da vida e dos recursos;
- Perigos à saúde humana;
- Obstáculo à vida aquática incluindo a atividade pesqueira;
- Prejuízos à qualidade da água a respeito do seu uso na agricultura, na indústria, nas atividades econômicas e em recursos escassos.

Quanto as práticas de caráter vegetativo de conservação do solo, Rocha (2001) aconselha o florestamento de matas ciliares, desde que não seja feito por espécies exóticas, o ideal é deixar macegas nestas áreas para evitar a erosão. Nas áreas de pastagens deve se ter o cuidado com o peso do gado, compatível com a capacidade que o solo e a vegetação suportam. Na cultura de faixas deverá ter a orientação das curvas de nível para evitar a erosão eólica e hídrica.

Outras práticas são indicadas como plantas de cobertura, cobertura morta, prática de caráter edáfico, controle do fogo e adubação verde. Quanto às práticas de caráter mecânico de conservação do solo tem-se o terraceamento que possui a função de diminuir o comprimento das rampas reduzindo a erosão e retendo água nas áreas mais secas e também se tem o controle de voçorocas, uma técnica mais cara.

As tecnologias para estudo e solução de problemas dos recursos hídricos, para Ward & Elliot (1995), têm provado serem muito valiosos. A escala da paisagem hidrológica requer métodos que necessitem de distribuição de informações de grandes espaços, pois os problemas vêm se repetindo, provando o interesse de adquirir informações em grandes escalas e integração de dados.

O custo e a logística destas ações são altas, necessitam de muito trabalho que, normalmente, são restritos aos recursos disponíveis, assim, têm-se a necessidade de desenvolver novas tecnologias mais eficientes para trabalharem dados e informações de espaços cada vez maiores, conseqüentemente, é de interesse do sensoriamento remoto e tecnologias de SIG.

2. 6. Poluição dos Recursos Hídricos

Chapman (1996) relata que cada tipo de uso da água possui os seus desperdícios. É bastante previsível que se tenham impactos na qualidade do ambiente aquático, pois várias atividades humanas têm, mesmo que indiretamente, objetivo de poluir, prejudicando o ambiente aquático, tal como, a urbanização descontrolada e o desflorestamento acidental ou sem autorização, os quais liberam substâncias químicas, descarga de líquidos nocivos, resultado da lixiviação de líquidos não tratados e de depósitos de produtos sólidos. Casos semelhantes ocorrem com o uso descontrolado de fertilizantes e pesticidas que ficam depositados em longo prazo na terra e nos recursos hídricos.

2. 7. Ambiente

Para (Rocha 1997) ambientes são relações existentes entre o comportamento da natureza, tendo o homem como núcleo familiar e a estrutura social, econômica e política da sociedade. Neste sentido o impacto ambiental são mudanças significativas no meio ambiente, podendo ser qualquer alteração ocorrida nas propriedades químicas, físicas e biológicas do meio ambiente, causando também alteração nas atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam a saúde a segurança e o bem-estar da população.

Da Silveira & Cruz (2005) enfatizam que nas últimas décadas os aspectos relacionados ao ambiente vêm ganhando espaço em várias áreas do conhecimento

científico, com temáticas ambientais que abordam conhecimentos científicos, tecnológicos e sociais.

Felicidade et al (2004) afirmam que nos últimos 30 anos houve uma evolução na discussão envolvendo ambiente com a introdução da dimensão social, na busca de um entendimento mais realístico acerca do processo de degradação fruto de uma sociedade organizada em classes com os usos bastante distintos e injustos dos recursos, pela riqueza e pela pobreza. Portanto em função da má distribuição emergem vários riscos ambientais, tanto de degradação ambiental como de degradação social.

2. 8. Uso do Solo

Para a SUPLAN – EMBRAPA (1978 apud DA SILVEIRA & CRUZ, 2005) o sistema de avaliação de aptidão agrícola com o uso de tecnologia deve ser maior que o custo de sua utilização, esta metodologia admite seis grupos:

- 1 - lavoura no nível tecnológico elevado;
- 2 - lavoura no nível tecnológico médio;
- 3 - lavoura no nível tecnológico baixo;
- 4 - pastagem plantada;
- 5 - silvicultura e/ou pastagem natural;
- 6 - preservação da flora e da fauna.

As subclasses de aptidão (boa, regular, restrita e eventualmente inapta) são referentes aos seguintes fatores:

- F - deficiência de fertilidade;
- H - deficiência de água;
- O - excesso de água ou deficiência de oxigênio;
- E - suscetibilidade à erosão;
- M - impedimentos à mecanização.

Quanto ao uso do solo Tucci (1998) define que as alterações sobre as superfícies das bacias hidrográficas apresentam impactos significativos sobre o escoamento, alterando as diferenças entre as vazões máximas e mínimas, que normalmente resultam em enchentes.

Para Tucci (1998) as alterações sobre o uso e manejo do solo em uma bacia hidrográfica são classificadas conforme o tipo de mudança, tipo de uso da superfície ou forma de alteração da superfície. Conforme o autor, as principais classificações podem ser:

- Quanto às mudanças da superfície de uso do solo, as quais se dividem em dois tipos: desmatamento e reflorestamento;

- Quanto ao uso da superfície, dividida em três tipos: urbanização, reflorestamento para exploração sistemática e culturas agrícolas, as quais podem ser de subsistência, anuais ou permanentes;

- Quanto ao método de alteração, dividido em queimadas, manual ou equipamentos.

Tucci (1998) descreve que os principais elementos de desmatamento consistem na substituição da cobertura vegetal.

Ainda conforme o mesmo autor o reflorestamento tem como objetivo a extração de madeiras, mas este provoca impactos como redução do escoamento, construção de estradas e aumento da capacidade erosiva da superfície desprotegida.

Conforme Tucci (1998) a urbanização provoca vários impactos sobre a bacia hidrográfica tais como: aumento do escoamento superficial, redução da evaporação e do escoamento subterrâneo, aumento da produção de sedimentos, degradação da qualidade das águas pluviais e dos aquíferos.

Tucci (1998) coloca que as culturas permanentes são plantações que não sofrem alterações freqüentes na sua estrutura principal, já que as culturas anuais envolvem mudanças na cobertura apenas anualmente ou sazonalmente, deste modo, a preparação do solo (aragem) resulta na desproteção do solo. Atualmente, existem práticas que são recomendadas tais como:

- Conservacionista, aquela que utiliza o terraceamento acompanhando as curvas de nível evitando, assim, a erosão através do direcionamento das águas das chuvas;

- De plantio direto, o qual não remove a terra, pois é realizado sobre o que restou do plantio anterior.

2. 8. 1. Cobertura Vegetal

No entendimento de Garcez (1967) a cobertura vegetal, especialmente de florestas e de campos cultivados, vêm a aumentar sua influência junto à dos fatores geológicos para aumentar a rapidez do escoamento superficial, as taxas de evaporação e a capacidade de retenção, diferente para cada bacia hidrográfica. As florestas têm a função reguladora da vazão dos cursos de água, podendo amortecer pequenas enchentes, porém sensíveis para as enchentes catastróficas, e eficazes no combate a erosão.

Para Pinto (1976, apud DA LUZ, 2005) parte da água precipitada na bacia hidrográfica evapora antes de chegar até o solo devido a interceptação da vegetação. Parte desta água é infiltrada no solo, outra evapora e apenas o excedente escoar, a última perda de água se dá através do fenômeno de transpiração das plantas que extraem umidade do solo e eliminam para a atmosfera sob a forma de vapor.

2. 9. Clinografia e Coeficiente de Rugosidade

Para caracterizar o uso potencial da terra da Sub-bacia Hidrográfica do Rio Soturno, Rocha (1997) define as amplitudes e os intervalos de classe para os

coeficientes de rugosidade², conforme o quadro 1. A amplitude é de 38,25 e o intervalo é de 9,56.

Classe	Intervalo de classes (Valores de RN)	Aptidão de uso da terra
A	10,56 _ +9,56 _ 20,12	Agricultura e Urbanização
B	20,13 _ +9,56 _ 29,69	Pastagem e Campo
C	29,70 _ +9,56 _ 39,26	Pastagem e Florestamento.
D	39,27 _ +9,56 _ 48,83	Florestamento.

Quadro 1 - Intervalo de classes de uso da terra.

Fonte: José Sales Mariano da Rocha (1997)

De Biasi (1992) coloca que a carta clinográfica³ é utilizada de forma quase que obrigatória em estudos ligados a terra, tanto em planejamento rural, regional ou urbano. A carta clinográfica facilita o equacionamento e a compreensão do espaço analisado.

Herz. R & DE Biasi, M. (1989 apud DE BIASI, 1992) definiram porcentagens para os limites de declividade:

- “Declividades até 5% consistem no limite urbano-industrial, utilizados internacionalmente bem como em trabalhos de planejamento urbano efetuados pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo e pela EMPLASA. Empresa Metropolitana de Planejamento da Grande São Paulo S/A”.

- Declividades de 5 a 12% consistem no limite máximo para o uso de mecanização na agricultura.

- Declividades de 12 a 30% consistem no limite máximo para a urbanização, conforme a lei 6766/79.

² Coeficiente de Rugosidade consiste na soma dos comprimentos de todas as curvas de níveis dividido pela área da bacia hidrográfica.

³ Declividade DC= Equidistância das curvas de níveis (E) divididas pelas distâncias Horizontais (DH) (entre as curvas).

- Declividades de 30 a 47%, conforme o código florestal, estabelecem o limite de 25° como limite máximo para o corte raso, conforme a Lei nº 4771/65 de 15/09/65.

- Em declividades acima de 47% não é permitida a derrubada de florestas, conforme o Artigo 10 do Código Florestal (1965): “Não é permitida a derrubada de florestas situadas em áreas de inclinação entre 25 a 45 graus, só sendo nelas toleradas a extração de toros quando em regime de utilização nacional, que vise a rendimentos permanentes”.

3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O Município de Restinga Sêca é banhado pelos rios Jacuí, Vacacaí e Vacacaí Mirim, está localizado entre os rios Jacuí e Vacacaí . Possui uma área de 97484.4165734 ha com altitude de 20 metros do nível do mar na parte Sudeste e 420 metros na parte Noroeste.

Restinga Sêca está inserida na Região Central do Estado do Rio Grande do Sul entre as coordenadas UTM de 6.682.510,89 m Norte a 6.720.078,58 m Norte e a leste 250.152,61 m E a 299.064,83 m E. (Figura 2). Tem como referência o *Datum* horizontal Córrego Alegre em Minas Gerais e a origem da quilometragem UTM: Equador e Meridiano 51° W. GR, acrescida as constantes 10.000 Km e 500 Km respectivamente.

Em relação à vegetação, segundo a classificação de Quadros & Pillar (2002), a Floresta Estacional Decidual acompanha o leito do Rio Jacuí e a região Centro do Estado do Rio Grande do Sul, junto com a vegetação de campos e vegetação arbustiva que tem ocorrência no centro do Estado e Bacia do Jacuí.

Quanto à geomorfologia do Município de Restinga Sêca localiza-se na Depressão Central do Rio Grande do Sul, interposta entre a Cobertura Basáltica-Arenítica e a Borda Meridional representada pelo Escudo Sul-Rio-grandense (IBGE, 1977).

A rede de drenagem se instalou sobre um terreno de sedimentos do Permocarbonífero escavando rios subseqüentes, como o Rio Jacuí que drena esta área, formando um relevo com topografias suavizadas e levemente onduladas planícies aluviais, vales rasos, sangas e banhados (IBGE, 1977).

A dinâmica do clima do Estado do Rio Grande do Sul é determinada pelas massas de ar do Anticiclone do Pacífico, Anticiclone Móvel Polar, Baixa do Mar de Weddell, Baixa do Chaco, Anticiclone do Atlântico (IBGE, 1977).

As Correntes Perturbadas de Sul são representadas pela invasão do Anticiclone Polar que tem origem nas áreas polares. Invadem o Estado com ventos do quadrante W e SW e freqüentemente adquire ventos do quadrante S e SE, sua

trajetória no sentido SW e NE, ao chegar na região Sul, apresentam forte inversão de temperatura com ar seco frio e estável (IBGE, 1977).

A segunda trajetória é mais freqüente no verão e traz abundantes chuvas, raramente consegue ultrapassar a Cordilheira dos Andes, transpondo pelo extremo sul do continente no sentido NNW – SSE avançando no sentido NE. Avançando no sentido NE mantém o equilíbrio dinâmico entre a alta do atlântico sul e alta polar, onde esta situação se mantém por alguns dias causando chuvas intensas (IBGE, 1977).

As correntes perturbadas de Oeste ocorrem em meados de primavera e outono com ventos do quadrante W e NW trazendo linhas de instabilidade tropical. Ao lado das correntes perturbadas se tem à baixa do Chaco no interior do continente que está ligada a ondulações da frente polar, esta baixa com a frente polar adquire importância nos anos de verão seco e pouco chuvoso.

A baixa do mar de Weddell é uma célula de baixa pressão polar e oscila em função da frente polar atlântica; já a alta dos Açores corresponde a boreal do anticiclone semi-fixo e permanente do Atlântico sul e possui influência na circulação do sul do Brasil.

Segundo Ladwig (1993) no Município de Restinga Sêca tem-se o clima subtropical, a área pertence ao clima temperado chuvoso e quente do tipo Cfa, sendo:

“C: Temperatura média do mês mais frio, entre -3°C e 18°C e o mês mais quente superior a 10°C ;

f: nenhuma estação seca, úmido todo o ano;

a: “verão quente, com temperatura média de mês mais quente superior a 29°C , Ladwig (1993, p.17)”.

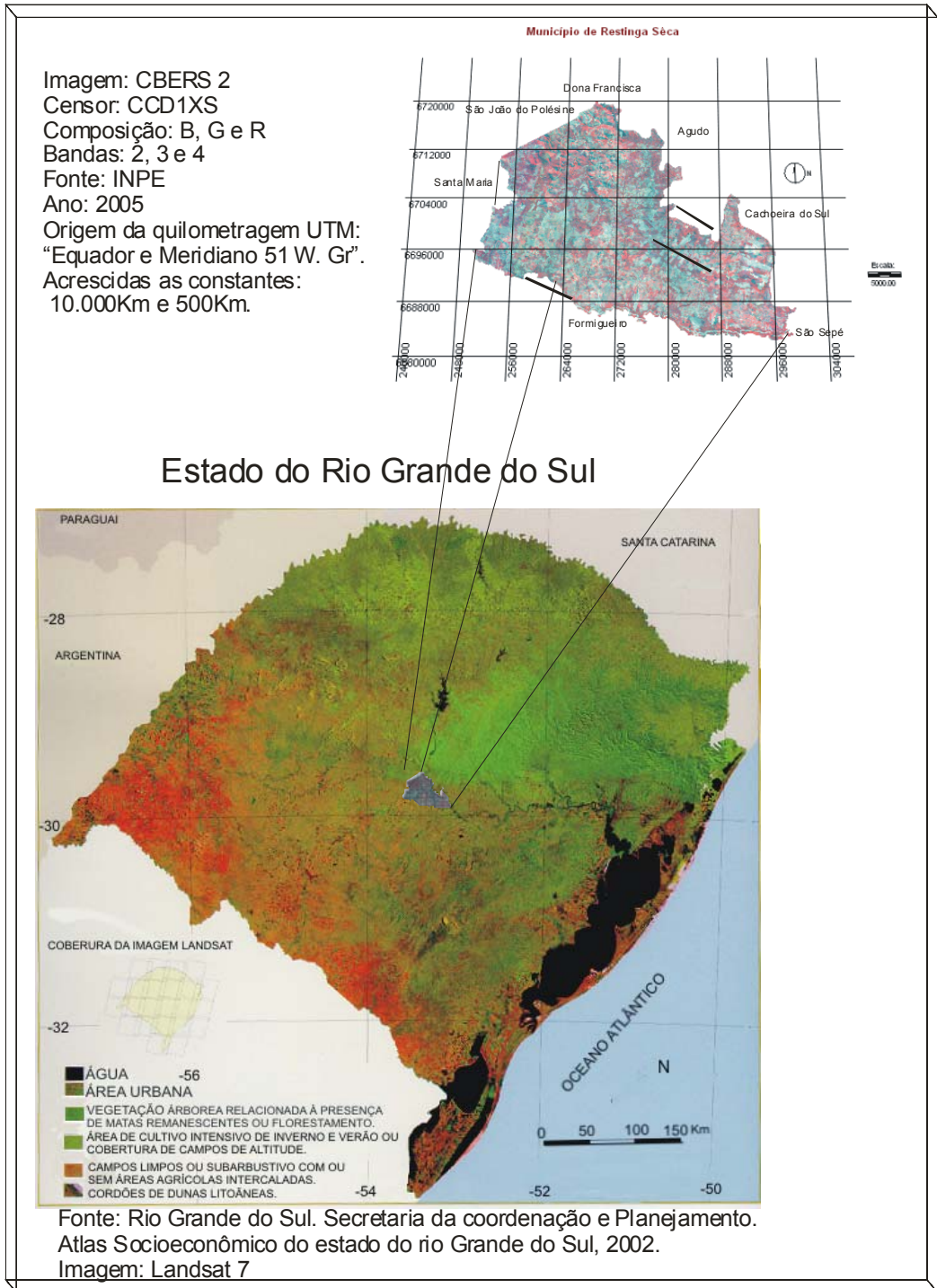


Figura 2 – Localização da área de estudo

Fonte: Glênio Antônio da Luz, (2005).

4. MATERIAL E METODOLOGIA

4. 1. Material

Os materiais utilizados foram as...:

... Imagens de satélite do CBERS 2, das bandas 2, 3 e 4, órbita CBERS-2-CCD1XS-159-133 do dia 25 de julho de 2005, no horário das 9 horas e 38 minutos. As imagens utilizadas no trabalho não foram corrigidas em função dos efeitos atmosféricos para conversão de reflectância, apenas foi aplicada a ampliação linear progressiva.

As cartas Topográficas utilizadas foram as seguintes:

- Carta topográfica de Restinga Sêca, escala 1:50.000, folha: SH.22-V-C-V-4 (MI-2966/3), da DSG (Diretoria de Serviço Geográfico) do Ministério do Exército, ano de 1975.

- Carta topográfica de Faxinal do Soturno, escala 1:50.000, folha: SH.22-V-C-V-1 (MI-2966/1), da DSG (Diretoria de Serviço Geográfico) do Ministério do Exército, ano de 1975.

- Carta topográfica de Camobi, escala 1:50.000, folha: SH.22-V-C-IV-2 (MI-2965/2), da DSG (Diretoria de Serviço Geográfico) do Ministério do Exército, ano de 1975.

- Carta topográfica de Arroio do Só, escala 1:50.000, folha: SH.22-V-C-IV-4 (MI-2965/4), da DSG (Diretoria de Serviço Geográfico) do Ministério do Exército, ano de 1975.

- Carta topográfica de Jacuí, escala 1:50.000, folha: SH.22-V-C-V-4 (MI-2966/4), da DSG (Diretoria de Serviço Geográfico) do Ministério do Exército, ano de 1975.

Através das cartas topográficas foram digitalizados os arquivos linha, tais como rede hidrográfica, estradas, limites e polígonos.

Todo o trabalho foi feito com um computador Pentium IV, com um processador de 1.8GHz e uma placa de memória DDR de 512 MB. Utilizaram-se três aplicativos computacionais, sendo que o Adobe Photoshop 5.5 foi utilizado para ajustar os níveis de cinza e de contraste, para passar a imagem para o modelo de índice de cores e aplainar a imagem para ser salva no formato BMP. O Idrisi 32 foi utilizado para o tratamento das imagens, tais como: georreferenciamento e cruzamento dos planos de informação e, o Cartalinx foi utilizado para a digitalização de polígonos e linhas.

Para o trabalho de campo utilizou-se um veículo e as cartas topográficas da área de trabalho para fazer a coleta das amostras;

Para a construção de gráficos e tabelas utilizou-se o programa de informática Excel e para a elaboração dos textos utilizou-se o Microsoft Word.

4. 2. Georreferenciamento das Cartas Topográficas

A primeira etapa foi feita no software Adobe Photoshop 5.5, através do módulo **Image – Mode – Index Color** (Imagem – Modelo Índice de Cores), sendo estabelecido que as imagens passaram a ser no modelo de índice de cores, não no modelo RGB color, como anteriormente. E por fim as imagens foram compactadas através do módulo **Layer – Flatten image** (Camada – Imagem aplainada) e salvas no formato BMP.

O segundo passo foi à importação para o programa Idrisi 32 através do módulo **File – import – Desktop Publishng Formats – BMP – BMPIDISI-Idrisi Image/Bitmap Conversion** (Arquivo - Importação - Imagem – Formatos de Editoração eletrônica - BMPIDRISI-Imagem Idrisi/Conversão de mapa). Após a realização desta operação imagens estiveram prontas para serem trabalhadas através do software Idrisi 32.

O passo seguinte foi o georreferenciamento das imagens através do módulo **Data Entry – Edit** (Entrada de dados – Edite). Nesta etapa, foram digitalizados os

valores dos pixels da imagem e sua posterior relação com as coordenadas UTM, além de salvos no arquivo de formato **Correspondence File** (".cor) (Arquivo de correspondência).

A coluna X (**antigo x**) e na linha Y (**antigo y**) são valores de pixels da imagem antiga, que origina uma segunda imagem, georreferenciada, onde a coluna possui os valores das coordenadas UTM em **Novo x**, valor de UTM no sentido Leste – Oeste, e em **Novo y** valor UTM no sentido Norte – Sul.

Do total de 5 cartas utilizadas no trabalho, foram extraídos 16 pontos de georreferência, somando um total de 80 pontos de apoio para a georreferência da área de estudo.

O passo posterior foi o georreferenciamento através do módulo **Reformat – Resample** (Reformat – Reamostragem), indicando o sistema de coordenadas a ser utilizada no projeto, no caso, o sistema UTM 22s, onde foi feita a transformação dos valores dos pixels da imagem da coordenada iniciada em zero (0, 0) para as coordenadas com os novos valores UTM. Esta transformação de valores deverá obter um erro linear quadrático abaixo de 3, segundo o programa Idrisi 32, conforme anexo 1.

4. 3. Etapa da Digitalização

A importação das imagens para o programa CartaLinx foi feito através do módulo **File – Image Conversions** (Arquivo - Conversões de Imagem), onde acrescenta-se o arquivo de pallete do arquivo BMP, significando que junto com a imagem vem o pallete da imagem georreferenciada.

Posteriormente a importação foi feita para a digitalização das linhas (redes hidrográficas, curvas de nível, estradas e limites) da área de estudo. Nesta mesma etapa de digitalização foi dado o valor para as linhas de cada arquivo de linha no formato LNX, realizado através do módulo **Feature Properties – NumericUserId** (propriedades Características - Usuário Numérico).

Para exportar os arquivos linha e polígono para arquivos o Idrisi 32 exportou-se do Cartalinx através do módulo **File – Export - Idrisi 16-bit vetor file (VEC)**

(Arquivo - Características de Exportação – Idrisi 16 bits arquivo vetor (VEC)), no qual foram exportados para o Idrisi 16 bytes como arquivo VEC do tipo arcos incluindo linhas. Posteriormente foram transferidas para o Idrisi 32, através do módulo **File – Idrisi File conversion (16/32)** (Arquivo - Arquivo de Idrisi Conversões 16/32), repassando os dados dos arquivos junto com o arquivo.

A digitalização das curvas de níveis, da rede hidrográfica e das estradas foi feita em cima das cartas topográficas, mas através de observações feitas na imagem de satélite na composição BGR (azul, verde e vermelho) observou-se que a rede hidrográfica da parte sul do Município de Restinga Sêca, a qual corresponde a sua divisa com o município de Formigueiro, apareceu distorcida devido às mudanças geomorfológicas que ocorreram no Rio Vacacaí Mirim no período de 1975 até o período atual 2005.

Através da imagem de satélite georreferenciada foi possível reajustar a rede hidrográfica do Rio Vacacaí Mirim, correspondente à divisa com o Município de Formigueiro.

O conserto desta digitalização através da imagem de satélite georreferenciada foi feita no CartaLinx, do mesmo modo como foi importada as imagens das cartas topográficas através do módulo **File – Image Conversions** (Arquivo - Conversões de Imagem), onde se acrescenta o arquivo de palletes do arquivo BMP significando que junto com a imagem vem o palletes da imagem georreferenciada. Também do mesmo modo foi exportada para o idrisi 32.

A imagem de satélite além de servir para corrigir a rede hidrográfiaca da parte sul do Município de Restinga Sêca também possibilitou a digitalização dos polígonos referentes as áreas de areia e área urbana, que serviram para serem incrementadas no mapa de uso da terra.

4. 4. Primeiros Processos Aplicados nas Imagens de Satélite

A primeira etapa do trabalho foi o pedido das imagens através do site do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) – <http://www.dgi.inpe.br.>, em que foi feito o cadastramento do autor e, logo após foram escolhidas as imagens através do

módulo **catálogo CBERS** sensor CCD, onde foram escolhidas imagens com até 10% de cobertura de nuvens, órbita CBERS-2-CCD1XS-159-133 do dia 25 de julho de 2005 no horário das 9 horas e 38 minutos. A etapa final, no correio eletrônico, foi a de baixar as imagens das bandas 2, 3 e 4, sendo a banda 2 canal do azul, a banda 3 canal do verde e a banda 4 canal do vermelho.

A etapa seguinte foi feita no software Adobe Photoshop 5.5 que, primeiramente, através do **módulo Image – Adjust – Auto levels** (Imagem – ajuste de níveis) e **Image – Adjust – Auto Contrast** (Imagem – ajuste de contraste) se ajustou automaticamente os tons de cinza e de contraste nas imagens. Posteriormente, através do **módulo Image – Mode – Index Color** (Imagem – Modelo Índice de Cores) foi estabelecido que as imagens passassem a serem no modelo de índice de cores e não em escala de cinza, conforme elas eram. E, por fim, as imagens foram compactadas através do **módulo Layer – Flatten image** (Camada – Imagem aplainada) e salvas no formato BMP.

4. 4. 1. Segundo Processo Aplicado nas Imagens de Satélite: Georreferenciadas.

Tendo a posse de todas as imagens, a primeira etapa foi à importação para o programa Idrisi 32 através do **módulo File – import – Desktop Publishing Formats – BMP – BMPIDISI-Idrisi Image/Bitmap Conversion** (Arquivo - Importação - Imagem – Formatos de Editoração eletrônica - BMPIDRISI-Imagem Idrisi/Conversão de mapa). Após a realização desta operação se tem de fato que as imagens de satélite ficaram prontas para serem trabalhadas através do software Idrisi 32.

O passo seguinte foi o georreferenciamento das imagens através do **módulo: Data Entry – Edit** (Entrada de dados – Edite). Nesta etapa foram digitalizados os valores dos pixels da imagem e sua posterior relação com as coordenadas UTM,

além de salvos no arquivo de formato **Correspondence File (.cor)** (Arquivo de correspondência).

Na tomada dos pontos para o georreferenciamento das imagens tomou-se alguns cuidados, tais como:

- Não tomar como pontos a rede hidrográfica, pelo fato deles mudarem os seus percursos, pois as cartas topográficas foram elaboradas através de uma cobertura aerofotogramétrica feita em 1975, pelo Serviço Aerofotogramétrico Cruzeiro do Sul S.A.. A questão é que de lá para cá se passaram 30 anos, e se teve uma mudança muito grande principalmente nos meandros dos rios, visível no Rio Vacacaí Mirim, através das imagens de satélite, na banda 4 região do vermelho onde pôde ser observado com facilidade toda a rede hidrográfica.

- Não tomar como pontos de georreferência pontos muito próximos à área de interesse, pois os erros de georreferência tendem a se propagarem para as bordas da área. Então, quanto mais distantes forem tomados os pontos de georreferência melhor será a precisão, pois será mais preciso para o interior a área de interesse, ou melhor, os erros diminuem por interpolação de pontos, e por extrapolação os erros aumentam. Um outro fato que deverá ser levado em consideração é a tomada de pontos no interior da área de interesse, pois estes irão corrigir algumas possíveis distorções ocorridas no interior da imagem.

- Tomar como pontos de georreferências construções antrópicas em que não ocorreram modificações nos últimos 30 anos, tais como pontes em vias e estradas principais que, se caso forem destruídas, deverão ser construídas no mesmo local por necessidade social e econômica. Alvos como jusantes de represas possuem poucas mudanças no passar dos anos, pois uma vez construída não há a necessidade de modificar, é claro que é bastante relativo esta afirmação, mas através de observações nas imagens e as suas relações com as cartas topográficas pôde ser observado que após as pontes as jusantes das barragens são as que menos são modificadas pelo fato de represarem a água através de uma taipa, uma linha fixa, diferente do que ocorre nas montantes que são modificadas de acordo com o nível de água presente na barragem.

- Conforme pôde ser observado no Quadro 2, de 11 pontos de georreferência 6 foram tomados a partir de pontes, 3 foram tomados por açudes, onde o açude da Sanga Funda, no Município de Formigueiro, estava fora da georreferência, pelo fato de sua jusante, a taipa ter sido modificada alargada e alongada em um intervalo de tempo entre 1975 até o ano atual.

- Os outros pontos de georreferência bastante visíveis, correspondem ao Trevo de Faxinal do Soturno a São João do Polésine e ao Aeroporto da Base Área de Santa Maria (BASM), correspondente a construções antrópicas que se mantiveram na mesma localização nos últimos anos.

Ponto	Resíduo	Carta	Localização do ponto
1	0.183044	Restinga Sêca	Ponte das Tunas
2	2.041197	Restinga Sêca	Ponte da Sanga da Restinga
3	omitido	Restinga Sêca	Açude da Sanga Funda
4	0.185458	Jacuí	Ponte da Estrada de Ferro
5	0.576464	Jacuí	Açude em Arroio da Porta
6	1.485936	Faxinal do Soturno	Ponte em Dona Francisca a Agudo (Rio Jacuí)
7	0.223566	Faxinal do Soturno	Ponte do Rio Jacuí de Restinga Sêca a Agudo
8	1.248039	Faxinal do Soturno	Trevo de Faxinal do Soturno a São João do Polésine
9	0.703406	Camobi	Aeroporto (BASM)
10	0.975306	Arroio do Só	Ponte do Verde
11	1.776898	Arroio do Só	Açude em Formigueiro

Quadro 2 - Localização de pontos de georreferencia

Fonte: Glênio Antônio da Luz (2005)

O georreferenciamento foi feito através do módulo **Reformat - Resample** (Reformat - Reamostragem), indicando o sistema de coordenadas a ser utilizado no projeto. Neste caso, no sistema UTM 22s foi feita a transformação dos valores dos pixels da imagem da coordenada iniciada em zero (0, 0) para as coordenadas com os novos valores UTM. O software Idrisi 32 informou que estes valores possuem um erro médio quadrático de 1.139546, considerado de boa precisão por estar abaixo do valor de erro médio quadrático 3.

Os valores antigos da coluna X e da linha Y passarão a ser reconhecidos por valores de coordenadas UTM em **Novo x**, valor de UTM no sentido Leste – Oeste e em **Novo y** valor UTM no sentido Norte – Sul.

A tomada dos pontos para georreferenciamento das imagens consiste em transformar o valor do pixel da imagem BMP em coordenadas UTM, conforme o Quadro 3. Pôde ser observado que os resíduos se mantiveram abaixo de 3 pontos, o que garante uma boa precisão, sendo que um ponto ficou de fora devido ao fato de estar fora de georreferência, correspondente ao açude da Sanga Funda, o outro ponto que apresentou discrepância foi o terceiro, da Sanga da Restinga, que fica no interior da imagem georrêferenciada, mas mesmo assim não foi descartado porque houve uma boa precisão de 2,04.

Antigo valor de X	Antigo valor de Y	Novo valo de X	Novo valor de Y	Resíduo
2441.52	1056.38	266844.27	6687144.02	0.183044
2605.55	1687.64	270188.52	6699803.28	2.041197
2314.09	621.32	264371.45	6684159.68	omitido
3871.64	1102.66	295569.8	6687904.69	0.185458
3565.76	1990.01	289438.51	6705711.97	0.576464
2681.11	2689.95	271712.56	6719794.49	1.485936
3047.01	2273.54	279051.35	6711445.53	0.223566
2128.9	2914.41	260616.84	6724393.37	1.248039
1038.34	2203.44	238776.51	6710286.33	0.703406
1016.54	939.33	238168.27	6685056.89	0.975306
1891.7	1070.82	255790.01	6687481.92	1.776898

Quadro 3 - Pontos de georreferência das imagens.

Global RMS = 1.139546

Conforme o Quadro 4 observa-se que nas duas primeiras colunas se tem o valor dos pixels da imagem, na coluna X (**antigo x**) e na linha Y (**antigo y**), já na terceira e na quarta coluna se tem os valores das coordenadas UTM em **Novo x** valor de UTM no sentido Leste – Oeste e em **Novo y** valor UTM no sentido Norte – Sul.

Nesta etapa de digitação de valores o menor valor digitado e o maior valor digitado dos pixels, no futuro, terão outros valores que serão os valores de coordenadas UTM.

Após ter as imagens georreferenciadas a próxima etapa foi a composição das imagens, através do módulo: **Image Processing – Enhancement – Composite** (Processamento de Imagem – Encarecimento – Composição). Foram criadas três composições de imagens, sendo uma com extensão de contraste, simples linear e outra com histograma de igualação, todas estas imagens foram geradas em 24 – bit composto com valores iguais e pontos estirados de saturação.

A segunda imagem gerada, simples linear, foi a melhor imagem para ser analisada, pois foi apresentada uma melhor visualização dos diferentes usos da terra.

4. 4. 2. Classificação da Imagem

A imagem em questão é do dia 25 de julho de 2005, no horário das 9 horas e 38 minutos. Nesta época do ano já foi feita a colheita do arroz, do fumo e da soja, que são os principais produtos cultivados no município, os demais produtos são insignificantes e destinados ao sustento doméstico de algumas das pequenas propriedades do Município.

Um fato observado em viagens de campo é que após a colheita da soja, principalmente, os produtores semeiam pastagens para o gado, assim como em lavouras de fumo, com o objetivo principal de adubar o solo antes da lavragem para uma nova safra.

As lavouras de arroz são todas mecanizadas e com práticas de terraplanagem em patamares para evitar a perda de água. Nesta época do ano os patamares ficam cheios de água em função das chuvas, mas em alguns casos já se têm alguns agricultores trabalhando o solo nas terraplanagens para a nova safra e, ao trabalhar este solo para o arroz os agricultores colocam água nos patamares para manter o mesmo nível do solo.

Assim em função das imagens de satélite serem desta época do ano, pode-se afirmar que é possível observar solo exposto, pastagens, campos, solo úmido, solo com matéria em suspensão, solo com película de água sem sedimento, açudes

com água com sedimento e açudes com água sem sedimento. Os solos com película de água com sedimento são áreas de patamares de arroz onde o solo está sendo trabalhado no momento em que a imagem foi captada já os solos com película de água sem sedimento são áreas de arroz onde as terras não estão sendo trabalhadas no momento.

Os açudes com água sem sedimento têm a entrada de água de áreas onde não possuem tanta sedimentação em suspensão, o contrário ocorre em açudes de áreas que possuem bastantes sedimentos em suspensão.

As áreas de campo aparecem com um tom de verde mais forte do que as demais culturas. Os campos possuem uma semelhança com as áreas de pastagens com semeadura, bastante povoada e mais desenvolvida, o contrário ocorre em áreas de pastagens com semeadura pouco povoada e também nas áreas recém semeadas que, nestes casos, se confundem com as áreas de solo exposto, pois reflete mais o solo do que a vegetação.

A única classe que possui uma afirmação maior é a classe de matas e florestas que possui um verde mais exuberante, inconfundível com outras classes.

Em função destes fatores descritos e observados nas imagens de satélite, na composição BGR (B – azul, G – verde, R – vermelho), definiram-se as seguintes classes:

- Campos;
- Solo exposto;
- Pastagens;
- Água sem sedimento;
- Água com sedimento;
- Matas;
- Área urbana;
- Areia.

Conforme pode observar as classes no Anexo 6, Mapa de Uso da Terra do Município de Restinga Sêca

As duas últimas classes, areia e área urbana, foram digitalizadas na forma de polígono e sobrepostas na imagem depois de selecionada. A areia foi digitalizada

em cima da imagem de satélite, composição BGR, porque possui uma reflectância semelhante às áreas de solo com película de água com sedimento e açudes com água suja e, nesse caso, as áreas de areia são áreas de exploração totalmente diferente das demais, pois possuem atividades produtivas diferenciadas e, por isto, não podem ser incluídas em outras classes ou desconsideradas.

A digitalização do polígono da área urbana foi feita para que não seja totalmente ou parcialmente incluído em áreas de solo exposto, pois também é uma classe de uso da terra que deve ser levada em consideração.

No software, o primeiro passo foi a digitalização dos polígonos de uso da terra através do módulo **Digitalize – Poligon** (Digitalize – Polígono), posteriormente foi criado os arquivos de assinaturas através do módulo **Signature Development – Makesig** (Desenvolvimento Assinatura – Makesig). Neste momento criou-se uma única assinatura com valores baseados nas três bandas utilizadas, Banda 2, Banda 3 e Banda 4.

Utilizou-se a classificação Maxline para classificação dos pixels, formando as referidas classes de uso da terra, através do módulo **Hard Classifiers – Maxlike/Maximum likelihood classification** (Classificadores – Maxline/Máxima probabilidade de classificação). O Idrisi 32 considera MAXLINE uma classificação que empreende a probabilidade máxima de dados contida em um banco de assinatura. Esta classificação está baseada na densidade de probabilidade, associada com a assinatura do local de treinamento. São nomeados pixels para provável classificação em uma baseada comparação de probabilidade posterior que pertence a cada uma das assinaturas consideradas.

4. 5. Confeção dos Mapas

Para a confecção do mapa clinográfico foi necessária a importação dos arquivos DXF (arquivos de linhas) para o IDRISI 32, conforme descrito no capítulo anterior chamado etapa da digitalização, além da posse dos arquivos VCT (extensão

dos arquivos linhas no Idrisi 32) georreferenciados. A próxima etapa, através do módulo **Reformat – Raster/Vetor conversion – lineras** (Reformate - Conversão de Vetor para raster – Linhas), rasterizou os arquivos linhas de curvas de nível e, posteriormente, através do módulo **Data Entry – surface Interpolation – INTERCON** (Entrada de dados - Superfície – Rasterizar toda a imagem segundo os valores das curvas de nível) criou-se um mapa altimétrico da área de estudo.

O mapa de declividades foi criado através do módulo **SIG⁴ Análisis – Context Operators – Surface** (Análise de GIS - Operadores de Contexto – Superfície), consistindo em um mapa com elevações em porcentagens de declividades que vão de 0 a mais de 500%, mas na imagem só apareceu valores existentes na realidade, que vão de 0 até mais ou menos 50%.

Após a elaboração do mapa de declividades classificou-se este em intervalos de declividades, conforme o Quadro 4, de acordo com as regras estabelecidas por De Biasi na revisão bibliográfica.

Entrada da imagem	Novo valor	A todos os valores de	Até valores menores que	Saída da imagem
	0	1	5	
	1	5	12	
	2	12	30	
	3	30	47	
	4	47	500	

Quadro 4 - Classificação da imagem do mapa clinográfico.

Esta classificação foi feita através do módulo **Gis análisis – Database Query – Reclass** (Análise de SIG - Banco de dados – Reclassificar), usando a definição de classes conforme descrito no Quadro 4, onde se tem uma imagem de entrada, o mapa de altimetria, que por sua vez foi classificado dando origem a uma nova imagem, o mapa clinográfico, como pode ser observado no Anexo 4.

⁴ Sistema de Informação Geográfica

Cruzamentos de mapas foram feitos através do módulo **Gis análisys – Database Query – Crosstab** (Análise de SIG - Banco de dados – Cruzamento), o qual possibilita apenas o cruzamento de dois mapas, como pode ser observado no Anexo 5, o Cruzamento do Mapa Clinográfico e de Uso da Terra do Município de Restinga Sêca.

4. 6. Trabalho de Campo e Microbacias Hidrográficas Seleccionadas

Para a realização do trabalho de campo utilizaram-se cartas topográficas. Através destas selecionou-se quatorze microbacias hidrográficas, levando em consideração a acessibilidade, montou-se um percurso em função da acessibilidade dos pontos de coleta das amostras.

Extraídas as amostras, foi feita a parte de análise em laboratório.

O trabalho de campo foi realizado no dia 29 de outubro de 2005, que começou às 7 horas e 54 minutos da manhã no horário de verão do Brasil e acabou às 16 horas e 13 minutos da tarde do mesmo dia. No trabalho de campo foram extraídas informações como coordenadas, Universal Transversa de Mercator (UTM), com o uso de um Global Position System (GPS) do ponto de coleta das amostras e informações.

As informações obtidas foram as seguintes: hora da coleta dos dados, presença de sol, vento, temperatura do ar (com a utilização de um termômetro), já a temperatura da água, Condutividade Elétrica (CE), Total de Sólidos Dissolvidos (TDS) foram obtidos com o aparelho Olion, a Percentagem de Hidrogênio (pH) foi obtida com o aparelho Peagametro Sensobless.

O Total de Sólidos em Suspensão (TSS) foi obtido com a coleta de uma amostra de cada ponto com uma garrafa de 600 ml, o passo seguinte foi realizado no Laboratório de Sedimentologia do Departamento de Geociências da Universidade Federal de Santa Maria. Primeiramente colocou-se a secar os filtros HÁ com 0,45 µm de poro e 47 mm de diâmetro, fabricado pela *Millipore*, a uma temperatura de 50°C durante 24 horas em uma Estufa de Esterilização Universal (FABBE-PRIMAR),

passada às 24 horas fez-se a pesagem dos filtros (peso inicial-PI) em uma balança de precisão Metter Toledo, modelo AG245, com precisão de cinco casas do Laboratório de Pesquisa de Espectrometria Atômica e Cromatografia do Departamento de Química do CCNE/UFSM.

A etapa seguinte foi à filtração das amostras, em um aparelho de filtração a vácuo de marca Kontes, consiste em funil de vidro, neste funil ajusta-se uma peça também em forma de funil nas com uma superfície de vidro poroso no qual se apóia o filtro. O tubo de saída deste funil é ajustado a uma rolha de um frasco de kitasato, ligado a uma pressão externa que dá o vácuo no interior do frasco.

Após a filtragem novamente os filtros vão para a estufa a uma temperatura de 50° por 24 horas, e novamente são pesados (peso final-PF) na mesma balança onde anteriormente foram pesados.

A utilização da estufa tem como objetivo extrair totalmente a umidade dos filtros antes da pesagem, a utilização do dessecador tem como objetivo proteger os filtros da umidade durante o transporte.

O passo seguinte foi feito através do Software Excel onde o Peso Inicial (PI) foi subtraído do valor do Peso Final (PF) obtendo o valor do peso do sedimento em um total de 150 ml, logo após foi calculado este valor em um litro de água, 1000 ml, através de uma regra de três:

$$TSS = \frac{(PF - PI) * 1000ml}{150ml} \quad \text{eq. 1}$$

PF = Peso Final (g)

PI = Peso Inicial (g)

Quantidade de água filtrada = 150ml

1 litro de água = 1000ml

TSS = Total de Sedimento em Suspensão (g/l)

As Variáveis limnológicas das microbacias hidrográficas são resultados dos dados adquiridos no trabalho de campo, e tem como objetivo verificar a qualidade da água apresentando as correlações com as variáveis limnológicas (Condutividade elétrica - CE, Total de Sedimentos Dissolvido – TDS, Porcentagem de Hidrogênio -

pH e Total de Sedimentos em Suspensão - TSS) com as classes dos três mapas: de declividade (<47%, 0 a 5%, 12% a 47% e 5% a 12%), do cruzamento dos mapas de declividade com o uso da terra (declividade de 0% a 12 % com campos, declividade de 0% a 12% com pastagens, declividade de 0% a 12% com solo exposto, declividade de 12% a 47 % com campos, declividade de 12% a 47% com pastagens e declividade de 12% a 47% com solo exposto) e mapa de uso da terra (água com sedimento, água limpa, área total, campos, matas, pastagens, solo exposto).

As correlações foram estabelecidas através das porcentagens das classes dos mapas com CE, TDS, pH e TSS, de modo que as porcentagens das classes dos mapas ficam fixadas nas colunas da planilha do Excel, e nas linhas as microbacias hidrográficas. O mesmo foi feito com as variáveis limnológicas (CE, TDS, pH e TSS) que ficam fixadas na coluna, e na linha as microbacias hidrográficas. Obteve-se como resultado o quadro 6.

Os gráficos exibidos posteriormente foram elaborados segundo o seu grau de correlação com as classes dos mapas, sendo que em alguns casos por possuir pouca correlação, ou seja, gráficos de correlações abaixo de 50% em CE, abaixo de 50% em TDS, abaixo de 30% em pH e abaixo 50% em TSS não foram demonstrados, justamente pelo fato de serem pouco expressivo quanto ao grau de correlação como pode ser observado no Anexo 6, foram apresentados apenas os gráficos que apresentam um nível de significância maior, conforme pode ser observado as variáveis limnológicas das microbacias hidrográficas.

5. ANÁLISE DOS RESULTADOS

O mapa de uso da terra foi sobreposto ao mapa clinográfico com objetivo de identificar as microbacias hidrográficas mais vulneráveis aos processos erosivos. O mapa de uso da terra foi extraído da imagem do Satélite CBERS 2, conforme descrito na metodologia.

Dada as condições de acesso e de logística foram selecionadas quatorze microbacias hidrográficas como área amostral. A primeira etapa deste trabalho consiste na análise do uso da terra das microbacias hidrográficas e, em uma segunda etapa, foi realizada a análise da correlação entre o uso da terra e a declividade do relevo.

A Microbacia Hidrográfica da Sanga da Restinga, de código chamada Microbacia Hidrográfica 1, conforme Figura 3, possui uma predominância de campos, com 35,33%, de solo exposto, com 23,60% e de área de pastagem, com 21,87%. As demais são menos representativas, com 6,9% de água, 4,29% matas e 7,95% de área urbana.

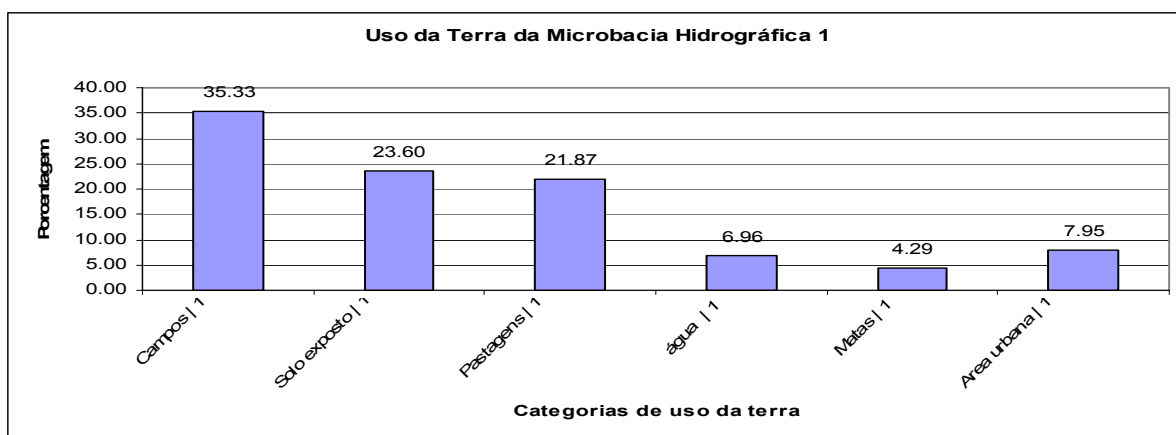


Figura 3 – Uso da Terra da Microbacia Hidrográfica 1.

Fonte: Glênio A. da Luz

A Microbacia Hidrográfica da Sanga do Campo Novo, Microbacia Hidrográfica 2, Figura 4, possui um predomínio de áreas com 40,50% de campos, com 20,61% de solo exposto e com 18,62% de pastagens. Nesta microbacia

hidrográfica há uma divisão entre as áreas de cultivo, aproximadamente a metade foi utilizada como pastagens e a outra está sendo trabalhada para o novo cultivo ou pode ter sido feito uma colheita tardia, onde ainda não nasceu vegetação.

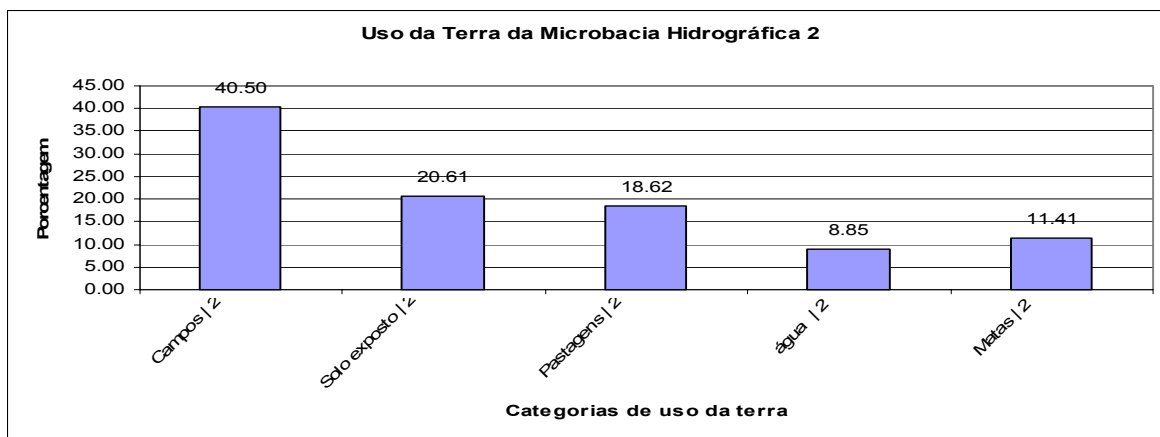


Figura 4 – Uso da Terra da Microbacia Hidrográfica 2.

Fonte: Glênio A. da Luz

A Microbacia Hidrográfica 3, Figura 5, localizada próximo ao Passo das Tunas, possui uma predominância da classe de campos, com 48,02% seguido de pastagens, com 19,23%. Possui também, 17,93% de solo exposto, e 5,37% de matas e a classe de água possui 9,49% do total da área da microbacia hidrográfica.

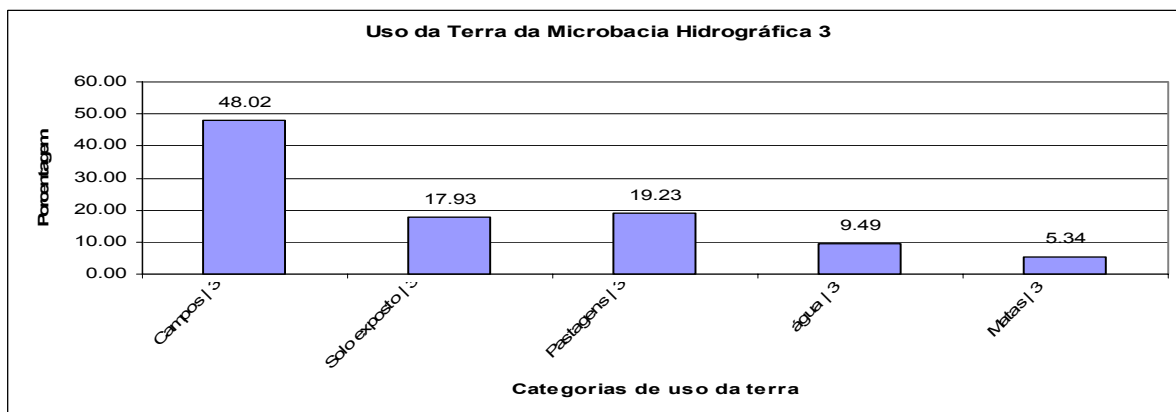


Figura 5 – Uso da Terra da Microbacia Hidrográfica 3.

Fonte: Glênio A. da Luz

A Figura 6, correspondente a Microbacia Hidrográfica 4, possui uma predominância da classe de campos, com 39,57%, seguido da classe de pastagens, com 22,87%. Também é bastante considerável a classe de solo exposto que se apresenta com 16,83%, a classe de água que ocupa um percentual de 10,03%, e a classe de matas que ocupa um total de 8,08% e a área urbana que ocupa 2,62% do total da área.

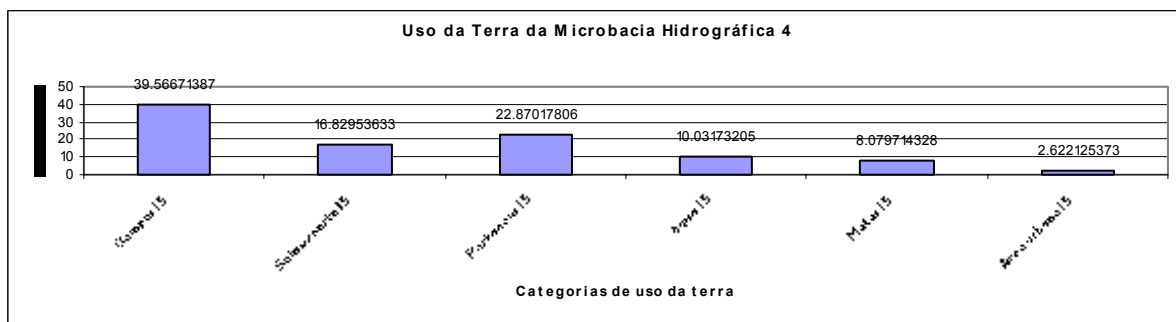


Figura 6 – Uso da Terra da Microbacia Hidrográfica 4.

Fonte: Glênio A. da Luz.

A Microbacia Hidrográfica 5, conforme a Figura 7, possui uma área com 37,23% de solo exposto devido ao intenso cultivo de soja e arroz nas áreas de várzea, as áreas de campo ficam reduzidas em 23,76%, e as pastagens ficam ainda mais reduzidas com 16,50%. A classe de água ocupa um percentual de 11,95% de área dentro desta microbacia hidrográfica, e as matas ocupam um total de 10,56% da área.

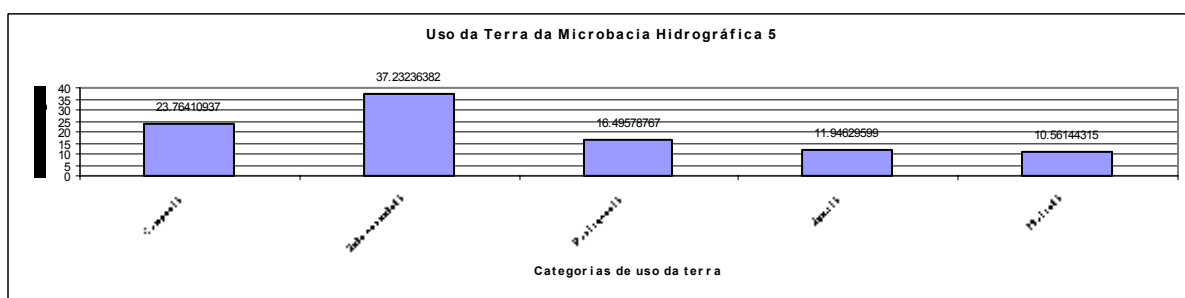


Figura 7 – Uso da Terra da Microbacia Hidrográfica 5.

Fonte: Glênio A. da Luz

A Microbacia Hidrográfica 6, Figura 8, correspondente a Microbacia Hidrográfica da Sanga do Passo da Serraria, na localidade do Silêncio. Possui um predomínio da classe de solo exposto, com 29,84%, resultado do fim do cultivo do fumo e do arroz e da preparação para um novo plantio.

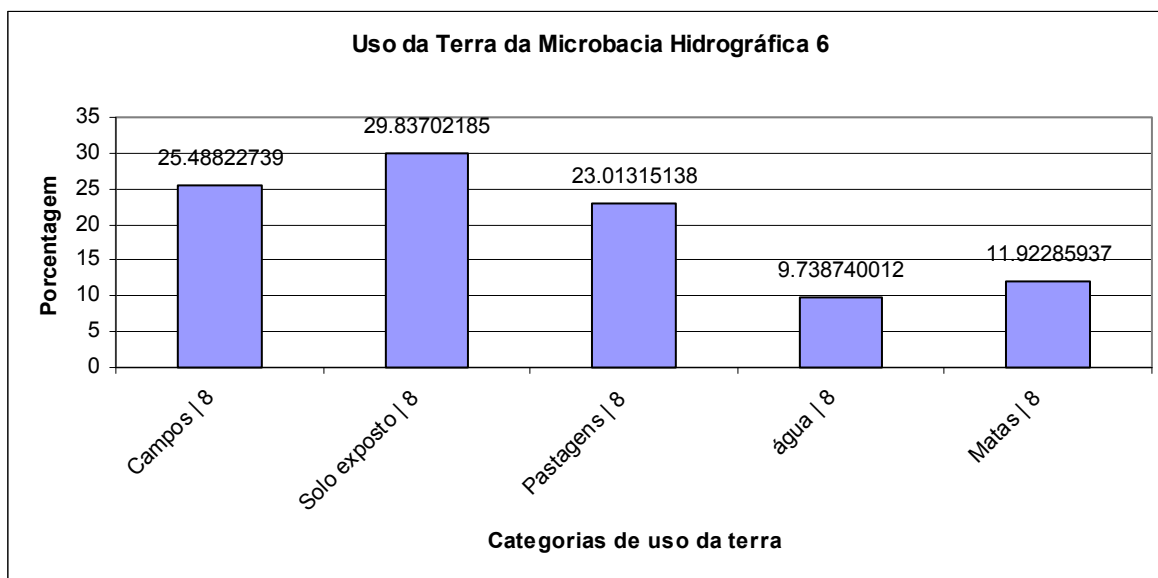


Figura 8 – Uso da Terra da Microbacia Hidrográfica 6.

Fonte: Glênio A. da Luz

As áreas de pastagens e de campos praticamente equivalentes, pois as áreas de campos ocupam um total de 25,49% e as pastagens um total de 23,01%. A classe de água sem sedimento predomina, com 9,46%, em relação a classe de água suja, com 0,28%. As matas ocupam 11,02% do total da área.

Conforme o observa na Figura 9, a Microbacia Hidrográfica 7 tem um predomínio da classe de solo exposto, com 44,90%. Esta é uma microbacia destinada, em grande parte, para o cultivo, pois as áreas de pastagens consistem em áreas de cultivo que, por sua vez, ocupam uma área de 13,71%, então, somadas a área de solo exposto com a área de pastagens tem-se 58,61% de área cultivada e os campos ocupam 23,61% da área enquanto que as matas ocupam 8,49%, e as classes de água ocupam uma área total de 9,23%.

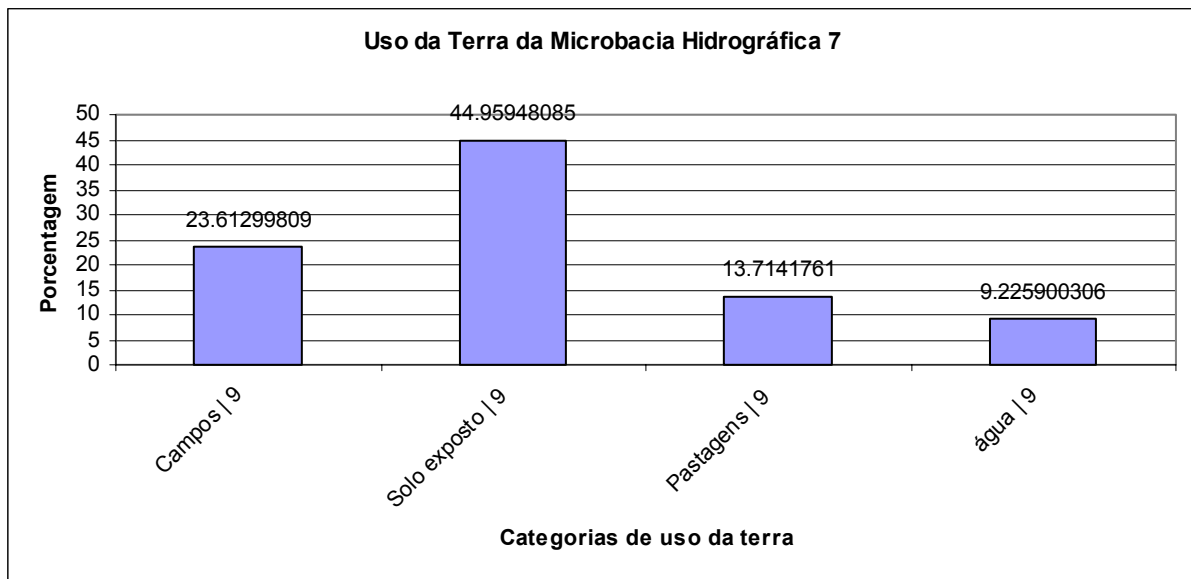


Figura 9 – Uso da Terra da Microbacia Hidrográfica 7.

Fonte: Glênio A. da Luz

No gráfico da Figura 10 a classe de campos se destaca, sendo a maior dentro da Microbacia Hidrográfica 8, ocupando 42,32% de área, a outra classe expressiva dentro desta microbacia é a classe de pastagens, com 20,64%. As demais classes são formadas por solo exposto, ocupando um total de 12,43% de área, por matas, com 16,27% de área, e pela água a qual ocupa 8,33% de área.

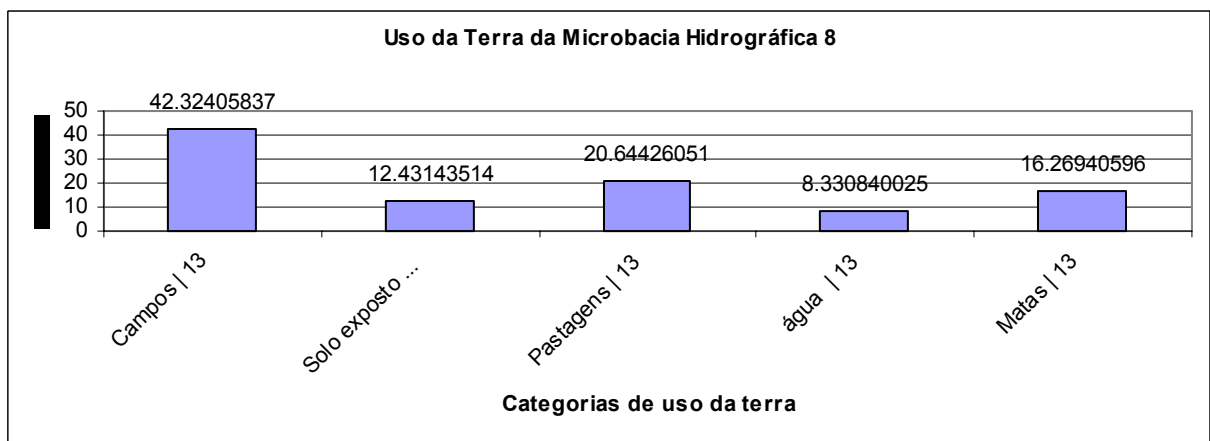


Figura 10 – Uso da Terra da Microbacia Hidrográfica 8.

Fonte: Glênio A. da Luz

Na Microbacia Hidrográfica da Sanga do Bom Retiro, Microbacia Hidrográfica 9, conforme o gráfico da Figura 11, há uma predominância de campos ocupando 34,43% de área. Um fator positivo para esta microbacia hidrográfica é a quantidade de matas, correspondente a 19% da área, o solo exposto ocupa 17,69%, as pastagens ocupam 18,30%, a água sem sedimento predomina em relação a água suja, sendo que a água ocupa 10,57% da área total.

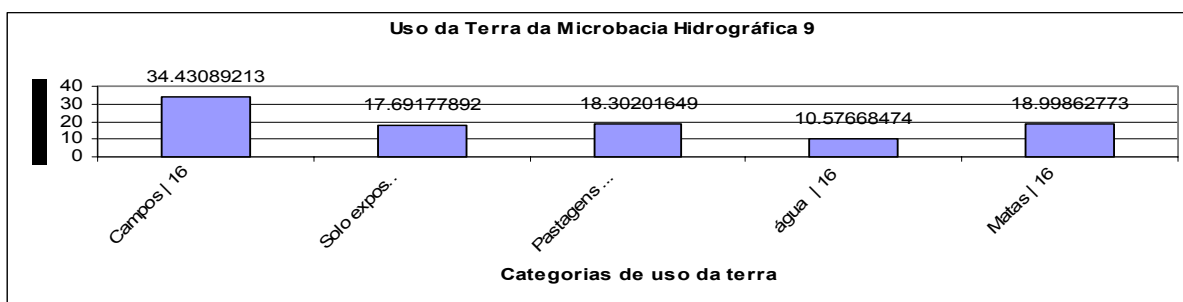


Figura 11 – Uso da Terra da Microbacia Hidrográfica 9.

Fonte: Glênio A. da Luz

A Microbacia Hidrográfica 10, Figura 12, possui um predomínio da classe de solo exposto com 33,97%, seguida da classe de campos, com 30%, das pastagens, com 19,70% e da classe de matas, com 4,15% de ocupação de área. A classe de água possui um percentual de 12,12% de área ocupada dentro da microbacia hidrográfica.

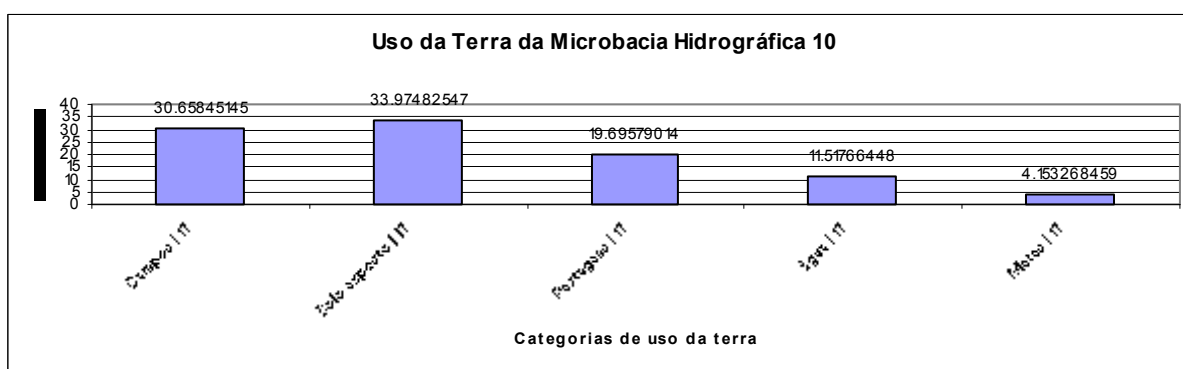


Figura 12 – Uso da Terra da Microbacia Hidrográfica 10.

Fonte: Glênio A. da Luz

A Figura 13 apresenta o uso da terra da Microbacia Hidrográfica 11. Como pôde ser observado é bastante representativa a classe de solo exposto, com 42,91% de área ocupada dentro da microbacia hidrográfica e, mesmo tendo esta grande quantidade na classe de solo exposto, a porcentagem de água é de 12,75%. Possui áreas de campo com ocupação de 22,06% e poucas áreas de matas, ficando restrita a 1,29% do total, além da classe de pastagens ocupa 20,99% da área da microbacia hidrográfica.

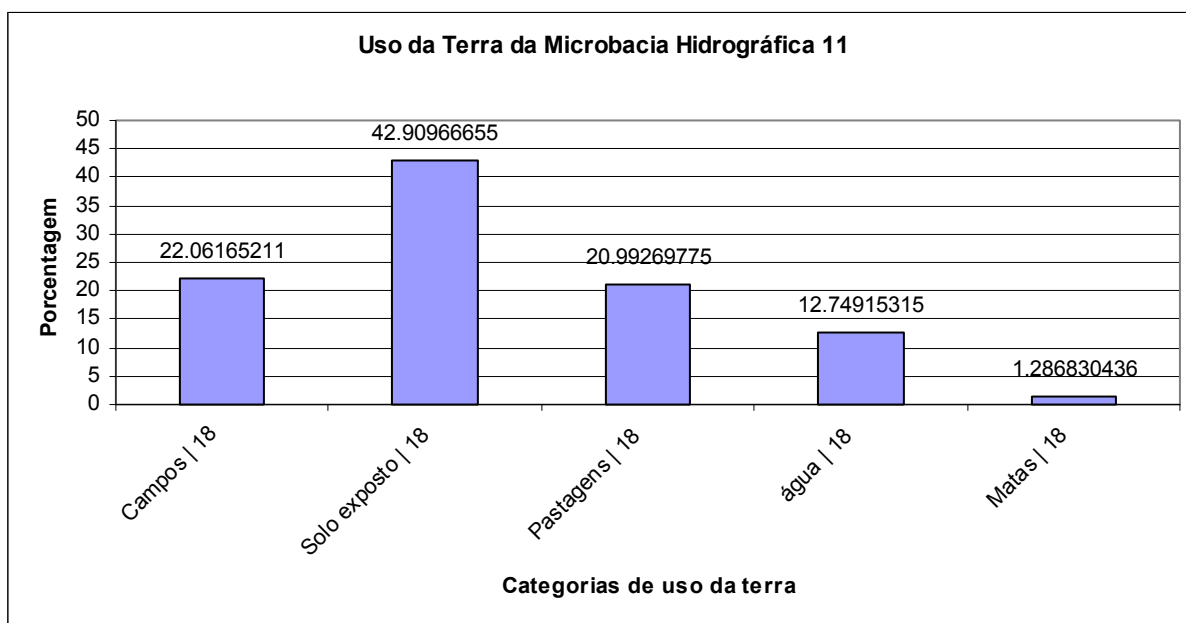


Figura 13 – Uso da Terra da Microbacia Hidrográfica 11.

Fonte: Glênio A. da Luz

A Figura 14, correspondente à Microbacia Hidrográfica Sanga da Entrada ou Microbacia Hidrográfica 12, tem um predomínio da classe de solo exposto, ocupando 50,23% da área, às demais classes ocupam apenas 49,77% da área total. A classe de campos ocupa 25,36% da área, as pastagens ocupam 13,58%, a água ocupa 9,16% e as matas ocupam 1,67% da área total da microbacia.

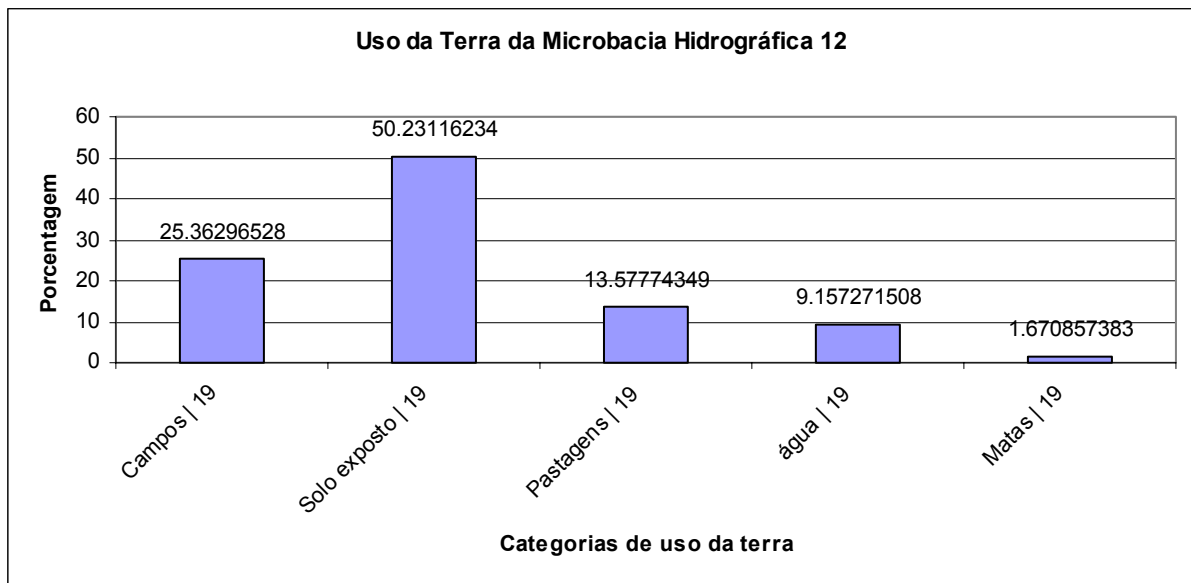


Figura 14 – Uso da Terra da Microbacia Hidrográfica 12.

Fonte: Glênio A. da Luz

Na Microbacia Hidrográfica 13 de acordo com a Figura 15, pôde ser observado o predomínio de campos com 37,82% da área, o solo exposto ocupa 29,25% da área total, seguido de pastagens com 19,28%, da classe de água com, 8,71% e das matas, com 4,94% da área total.

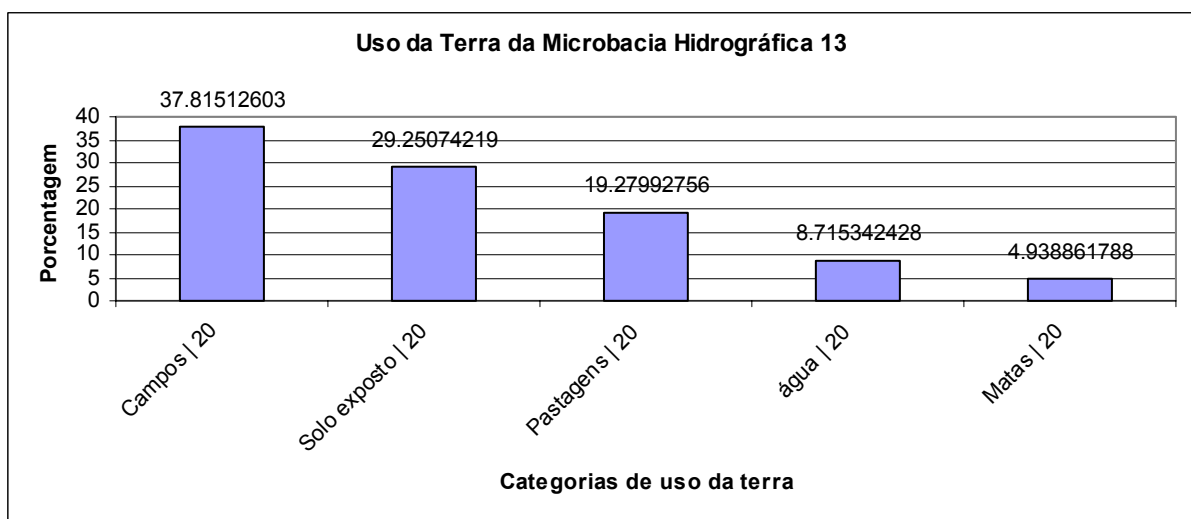


Figura 15 – Uso da Terra da Microbacia Hidrográfica 13.

Fonte: Glênio A. da Luz

Na Microbacia Hidrográfica 14, conforme a Figura 16, pôde-se observar que a classe de solo exposto se sobressai em relação as outras, com 35,55% da área total. Os campos ocupam 25,28%, as pastagens ocupam 21,84%, portanto, são maiores que as classes de água e matas, sendo que a classe de água sem sedimento ocupa 11,60% da área, a água com sedimento ocupa 2,64% e as matas ocupa 3,08%.

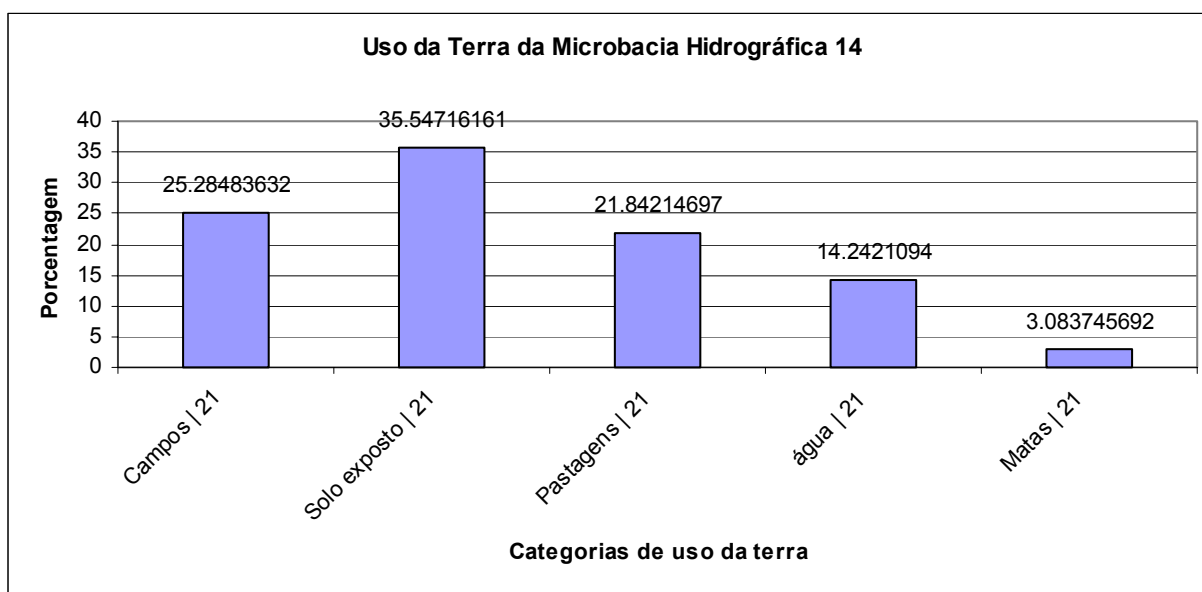


Figura 16 – Uso da Terra da Microbacia Hidrográfica 14.

Fonte: Glênio A. da Luz

Considerando a classificação de Rocha (1997) todas as 14 bacias hidrográficas são do tipo microbacias, visto que apresentam áreas menores do que 20.000 hectares. Pode ser observado na figura 17 que as maiores microbacias hidrográficas são as de números 1, 3, 4, 6, 9, 10 e 14, pois possuem áreas entre 1000 hectares e 3.500 hectares, sendo que a microbacia número 10 possui 3.403 hectares. As demais estão abaixo de 900 hectares.

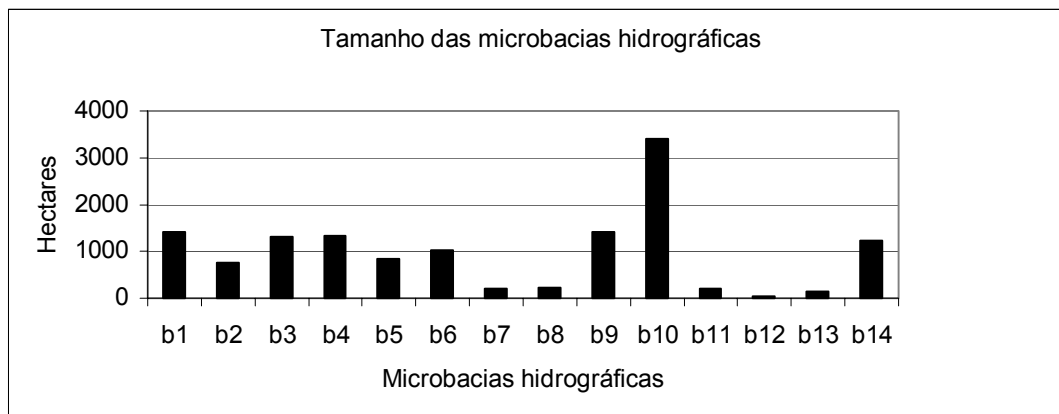


Figura 17 – Tamanho das Microbacias Hidrográficas.

Fonte: Glênio A. da Luz

5. 2.Variáveis Limnológicas das Microbacias Hidrográficas.

As variáveis limnológicas que se referem as microbacias hidrográficas são a Condutividade Elétrica (CE), o Total de Sedimento em Suspensão (TSS) e a Porcentagem de Hidrogênio (pH).

5. 2. 1. Condutividade Elétrica (CE)

Um dos fatores que pode contribuir para o aumento da Condutividade Elétrica (CE) é a declividade do terreno, de modo que quanto maior o grau de inclinação do terreno, maior o índice de sedimentos liberados para os cursos de água. As porcentagens de áreas com declividades elevadas dentro das microbacias hidrográficas variam dependendo de suas localizações, mas de um modo geral o predomínio de declividades baixas, entre 0% a 12%, ou seja, a classe de declividade acima de 47% não é muito representativa em área dentro das microbacias hidrográficas estudadas.

Um fator na CE são as correlações positivas com todas as classes de declividades, ou seja, o predomínio de áreas com declividades baixas também possui relações com a elevação da taxa de CE. Um dos fatores observados no

trabalho de campo foi a intensa utilização agrícola das áreas de baixa declividade, principalmente pela cultura do arroz, onde o solo arado apesar de possuir baixa declividade, libera sedimentos para os cursos de água pelo fato de estar exposto, desprotegido de camada vegetal.

A Figura 18 apresenta as declividades acima de 12% com a CE. Nela observa-se que há uma relação entre os valores das declividades com a CE. A CE aumenta na medida em que classe de declividade fica acima de 12%, porém ocorreram algumas exceções como o aumento da porcentagem de declividade acima de 12% e o declínio da CE verificado nas microbacias hidrográficas 5, 10 e 13, fato que pode estar relacionado ao grau de preservação das áreas com declividades elevadas, ao tamanho das microbacias hidrográficas, à presença de animais na área, ao material em decomposição entre outros fatores.

De outra forma, a redução da taxa de declividade acima de 12% e o aumento da CE podem ser observados nas microbacias hidrográficas 9 e 14. Neste caso a CE deve estar relacionada ao tamanho das microbacias hidrográficas, ao grau de preservação das áreas com declividades elevadas e a utilização de fertilizantes, abubos e insumos agrícolas na microbacia hidrográfica, a presença de animais e materiais em decomposição.

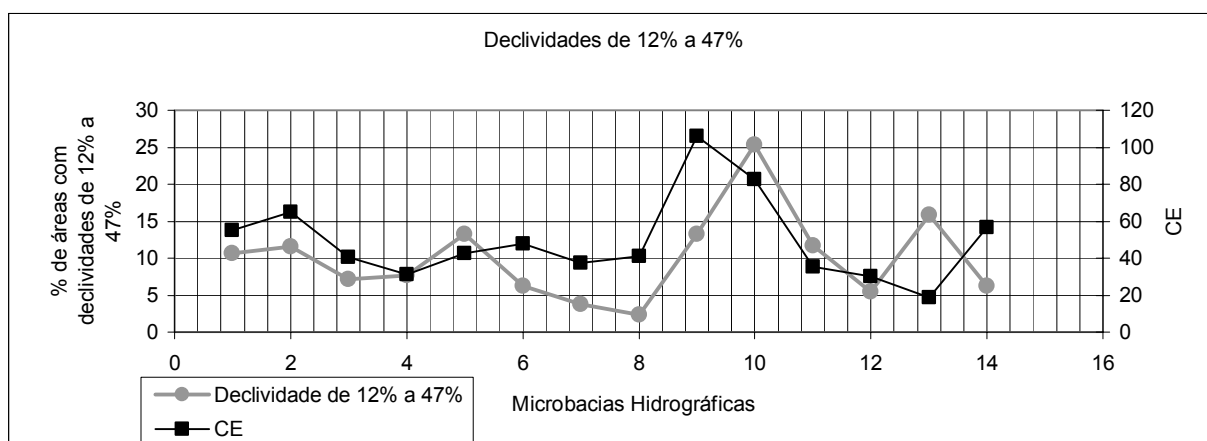


Figura 18 – Porcentagens de áreas nas Microbacias Hidrográficas com declividades das vertentes maiores que 12% e suas respectivas CE.

A área da microbacia hidrográfica é um fator importante não apenas para a CE, mas para todas as outras variáveis limnológicas. A relação que a CE tem com o tamanho da microbacia hidrográfica é observada na Figura 19, onde, de um modo geral quanto maior o tamanho da microbacia hidrográfica maior será a taxa de CE, produzindo uma correlação de 95%.

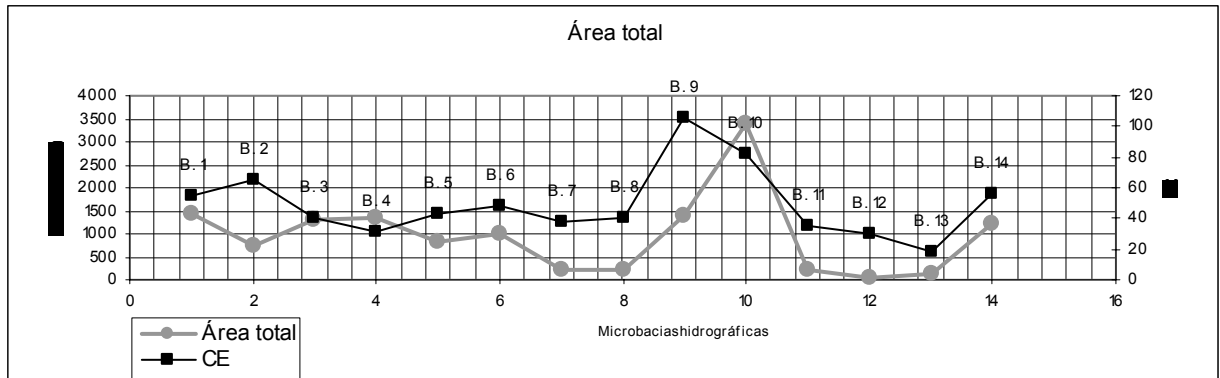


Figura 19 - Área total das Microbacias Hidrográficas e suas respectivas CE.

As variações da CE em função das declividades das vertentes entre 0% a 12% com a presença de campos, pode ser observada na Figura 20. Verifica-se que a CE das microbacias hidrográficas 9, 10 e 14 estão mais relacionadas a outros fatores presentes nas microbacias hidrográficas talvez este fato justifique a baixa significância da correlação, com valor p de 0,27

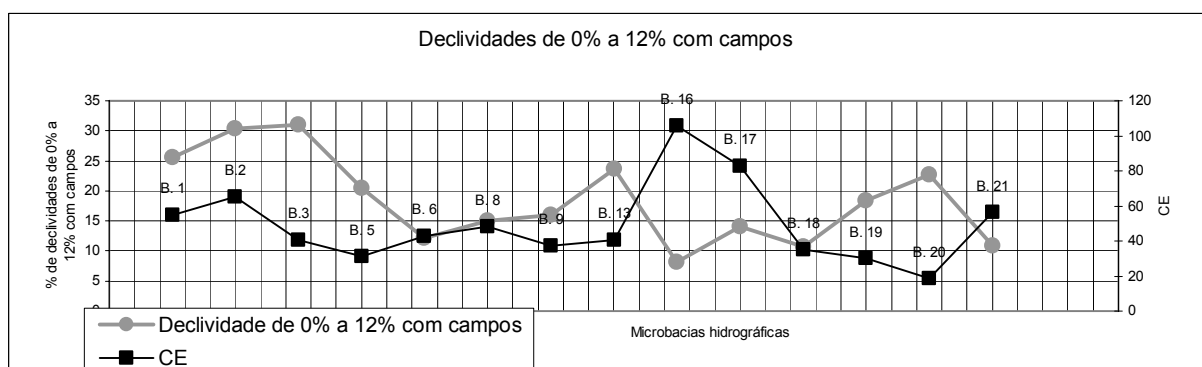


Figura 20 - Declividades de 0% a 12% e campos com suas respectivas variações de CE.

Independentemente das declividades das vertentes, as áreas de campos e pastagens são grandes responsáveis pela variação dos índices de CE no sistema de drenagem das microbacias hidrográficas. Os aumentos da CE nestas áreas estão vinculados as atividades pecuárias, inclusive a presença do gado ou qualquer outro tipo de animal que libera resíduos orgânicos originários de atividades biológicas.

A Figura 20 apresenta uma forte relação entre a CE e a presença de campos em áreas de declividades entre 0% a 12%, verificadas em algumas microbacias. Observa-se que na medida em que há o aumento da classe de campos nas declividades de 0% a 12%, também há uma tendência ao aumento na CE. Este efeito é observado, principalmente, nas microbacias hidrográficas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10 e 11.

A Figura 21 apresenta uma relação da CE com a presença de pastagens em áreas de 12% a 47% de declividade. Nesta figura verifica-se um padrão entre as variações de CE e das áreas de 12% a 47% com campos, pois sempre que aumenta a área desta condição ocorre um aumento da CE, com exceção da microbacia hidrográfica 2 que parece estar mais relacionadas com as declividades de 12% a 47% e as áreas de campos em declividades baixas, de 0% a 12% a significância é menor do que 90% com p no valor de 0,14.

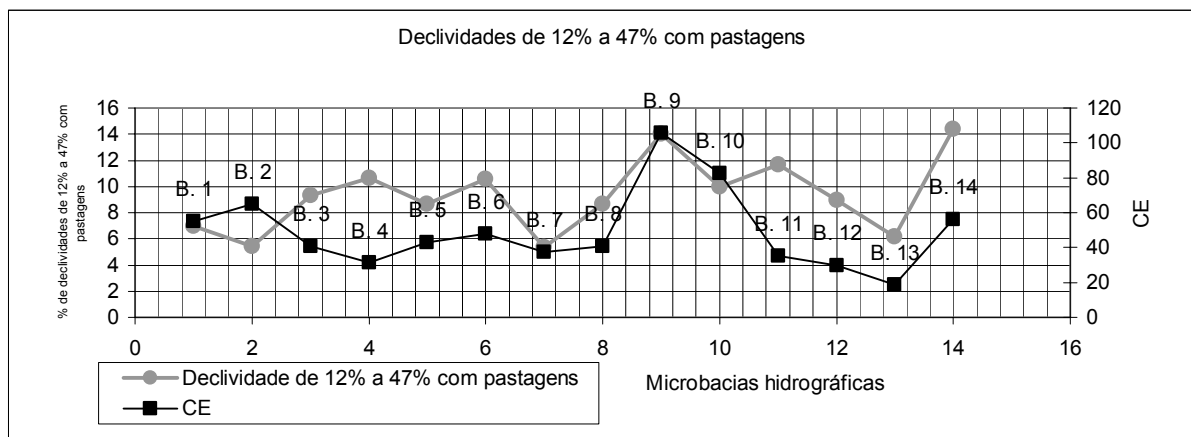


Figura 21 - Declividades de 12% a 47% com pastagens e suas respectivas CE.

Na Figura 22 a correlação da classe de solo exposto com a CE é baixa e negativa, $-0,28$ com um valor P $0,329$, de modo que há uma tendência em que a quantidade de solo exposto influi inversamente na CE. A exceção fica por conta das microbacias hidrográficas 11, 12, 13 e 14, com um aumento proporcional da CE em relação a quantidade de solo exposto, mas, de um modo geral, a CE é influenciada principalmente pela presença de campos.

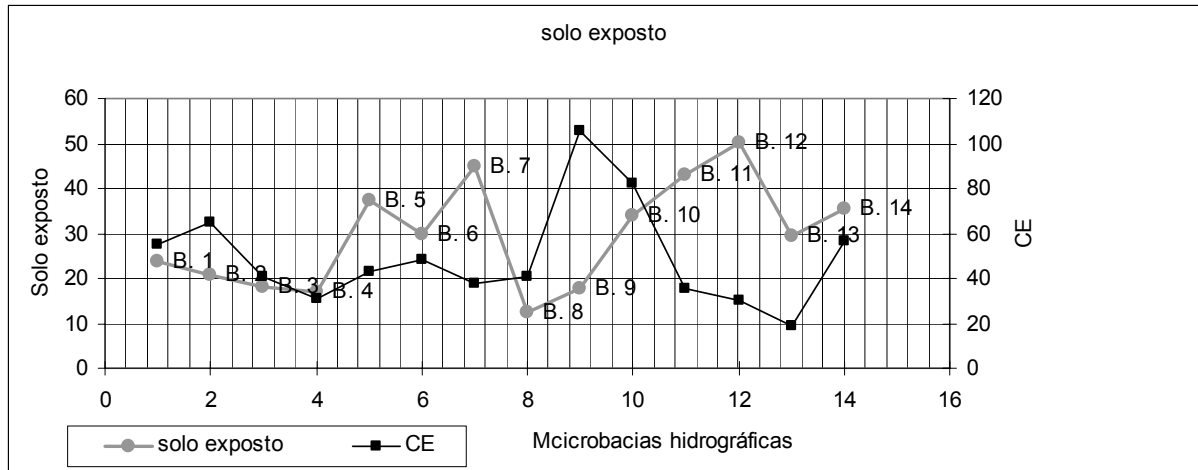


Figura 22 – Solo exposto e suas respectivas CE.

As áreas de campos e pastagens, como podem ser observadas nos gráficos, são grandes contribuintes para o aumento da CE nas microbacias hidrográficas, pois a presença do gado libera uréia para os cursos de água, contribuindo para o aumento da CE.

5. 2. 3. Potencial de Hidrogênio (pH)

O potencial de hidrogênio (pH) apresenta-se pouco relacionado com o tipo de uso da terra e com as classes de declividades, provavelmente devido ao uso de calcário nas áreas agrícolas, o que altera o pH do solo. As taxas de pH são independentes dos métodos agrícolas de preservação do solo e estão mais

relacionadas com o tamanho da área da microbacia hidrográfica. Embora a correlação entre estas duas variáveis não seja significativa, observa-se que em algumas bacias há uma tendência de variação.

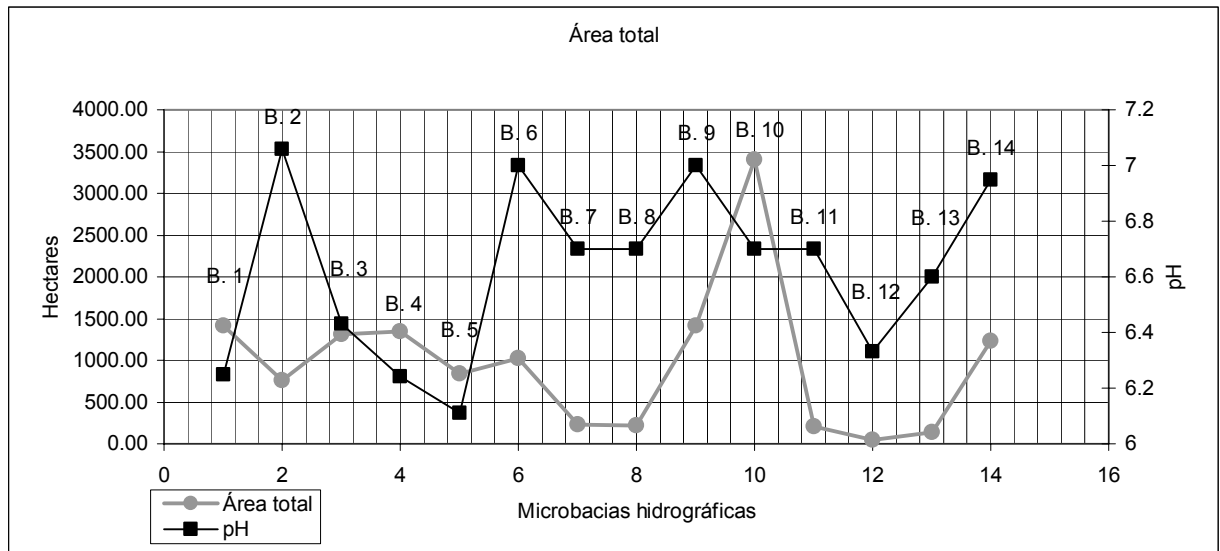


Figura 23 - Área total com pH.

A Figura 23 apresenta a relação das áreas das microbacias hidrográficas com o pH. Apesar da quantidade de áreas ocupadas por matas serem baixas, elas apresentam uma relação com o pH, ou seja, as matas contribuem para o aumento do pH, devido a decomposição de galhos e folhas que tornam o solo mais ácido, pois após uma chuva esta acidez se transfere para os cursos de água. As distorções ocorridas entre pH e porcentagem de matas, na Figura 24, podem relacionadas a outras variáveis como, por exemplo, o tamanho.

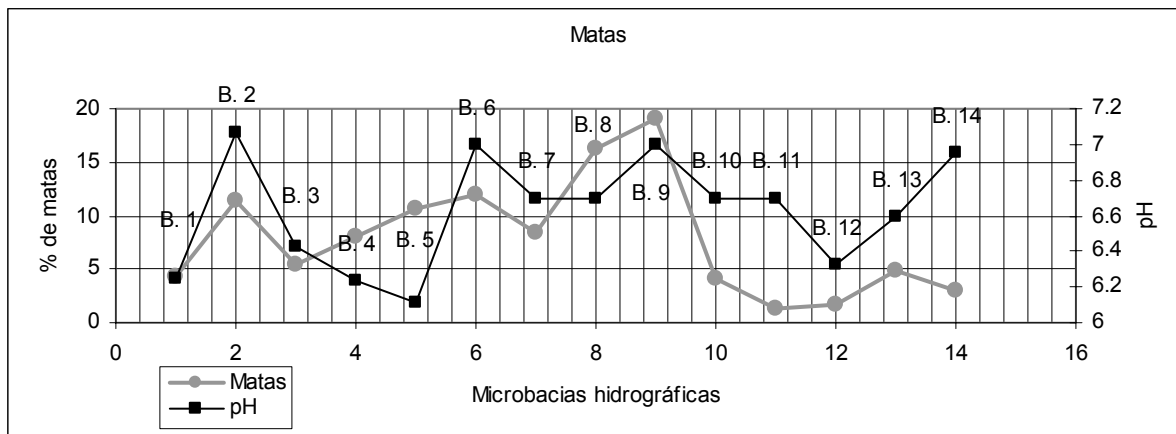


Figura 24 - Matas com pH.

5. 2. 4. Total de Sedimentos em Suspensão (TSS)

O aumento do TSS pode ser influenciado pela quantidade de solo exposto, pelo aumento da declividade, pelo mau uso do solo, pela quantidade de gado sobre uma área possui capacidade de suporte de carga inferior à que está sobre a sua superfície e também pelo tamanho das microbacias hidrográficas.

O tamanho das microbacias hidrográficas exerce uma forte influência sobre o TSS. Quanto maior a área de captação de água de uma microbacia hidrográfica maior será a quantidade de sedimento que será liberada a jusante, ou seja, quanto maior a área da microbacia hidrográfica maior é o TSS, como pode ser observado na Figura 25. Neste caso, a variável é significativa, com 99% de correlação.

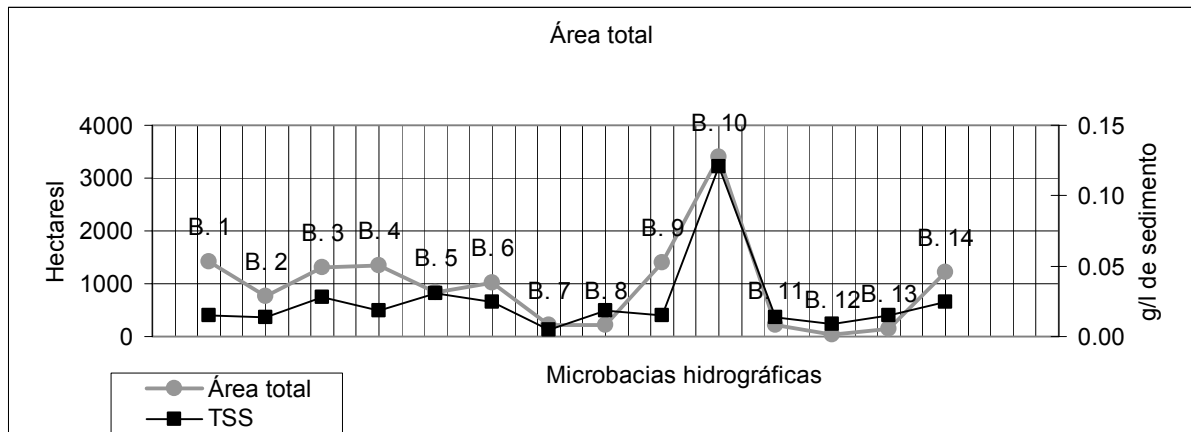


Figura 25 - Área total e TSS

As declividades de 12% a 47% com a presença de campos, como pode ser observado na Figura 26, são determinantes ao TSS. Neste caso, observa-se que a microbacia 10 não segue o comportamento geral das demais bacias, ou seja, o valor de TSS não está relacionado com a presença de campo em declividade de 12 a 47%.

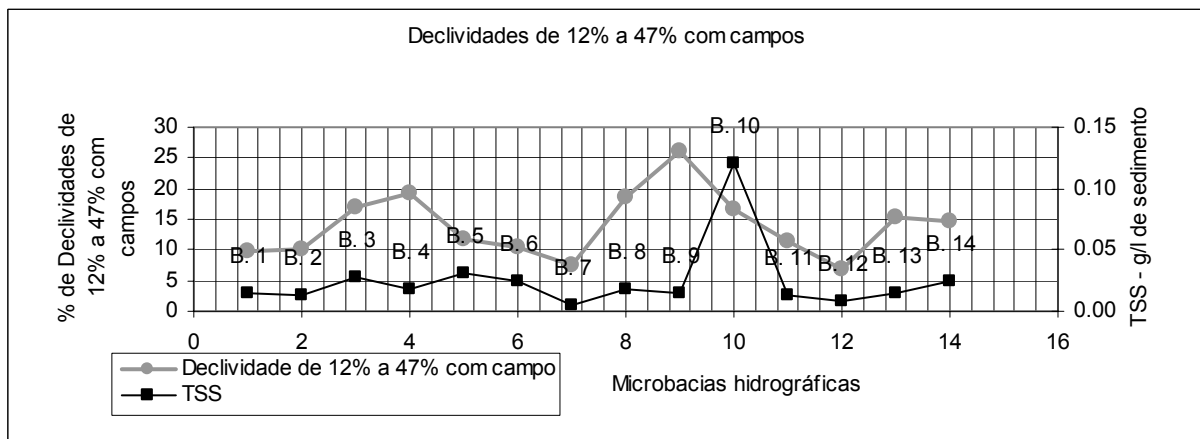


Figura 26 – Declividade de 12% a 47% versus campos com TSS

Na Figura 27 é possível observar que as taxas de TSS possuem uma relação com as declividades maiores que 47%, pois as taxas aumentam na medida em que há o aumento das declividades maiores que 47%. A microbacia hidrográfica

10 possui uma taxa de TSS bastante elevada, provavelmente dominada pelas porcentagens de declividades maiores que 47% e, principalmente, pelo tamanho da área.

As microbacias hidrográficas 1, 2, 3, 4, 6 e 7 possuem taxas de TSS muito abaixo das porcentagens de áreas maiores que 47%, já as microbacias 13, 19, 20 e 18 possuem taxas acima das porcentagens de declividades maiores que 47%. Neste caso, provavelmente o grau de preservação das microbacias hidrográficas estejam condicionando os resultados, de forma que sejam melhores nas microbacias que possuem taxas de TSS que apresentam valores menores.

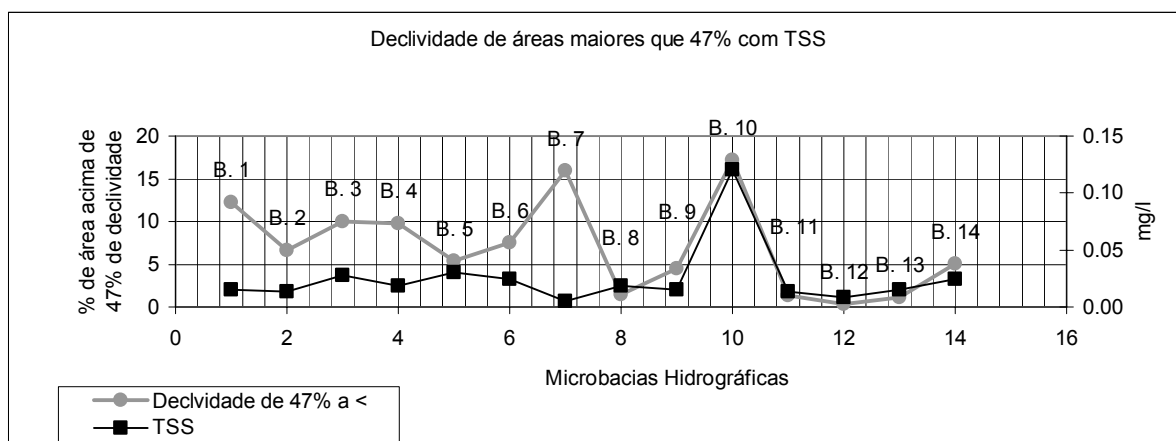
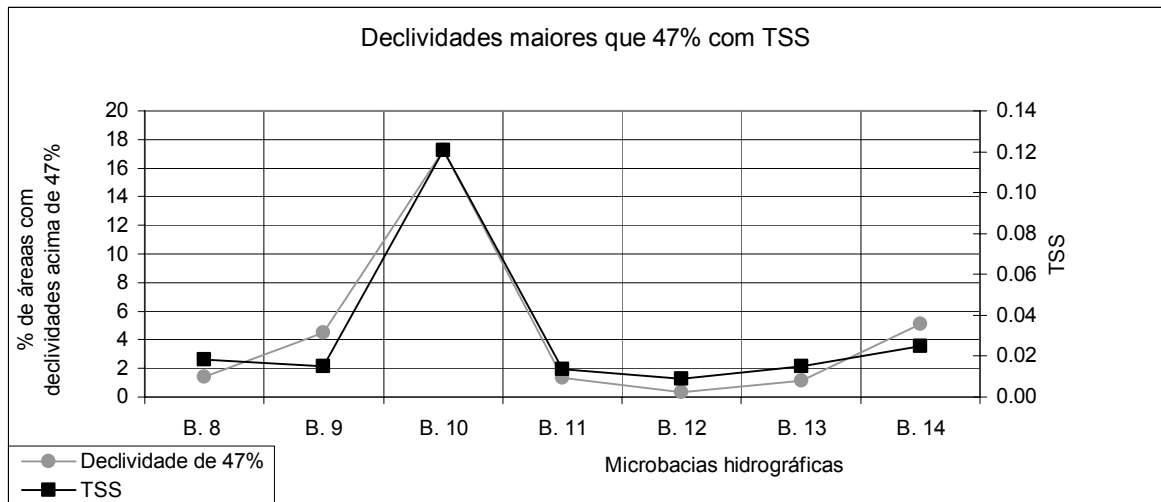


Figura 27 – Declividade maiores que 47% versus campos com TSS

A Figura 27 pode ser dividida em duas. A primeira contém as microbacias hidrográficas 8, 9, 10, 11, 12, 13 e 14, as quais possuem um alto grau de TSS e correlação de 0,97 entre áreas acima de 47%. A segunda possui menor correlação, de -0,72.

A Figura 28 nos mostra uma relação alta entre TSS e as declividades maiores que 47%. Isto significa que na medida em que há um aumento das declividades acima de 47%, também há um aumento do TSS.



P= 0,00

Figura 28 – Declividade maiores que 47% versus campos com TSS

A Figura 29 apresenta uma relação inversa, ou seja, na medida em que há aumento das declividades acima de 47% se tem uma redução do TSS.

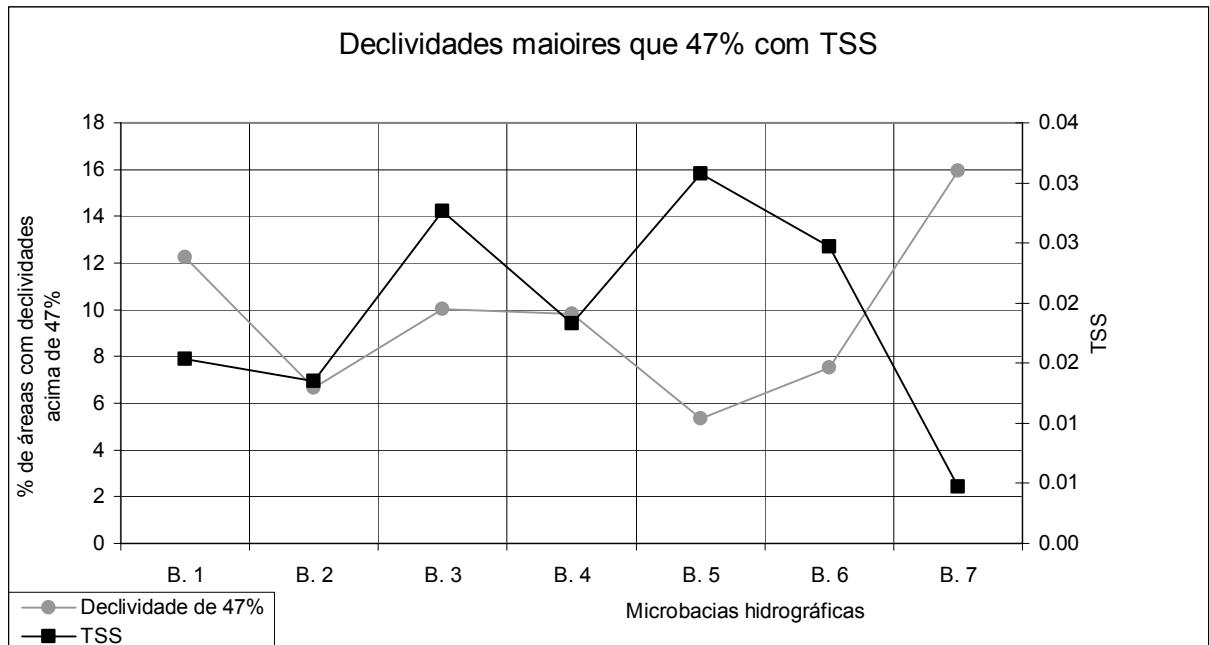


Figura 29 – Declividade maiores que 47% versus campos com TSS

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Observou-se que a condutividade elétrica (CE) das variáveis limnológicas das microbacias hidrográficas, possuem uma forte relação com a declividade do relevo de 0% a 12% em condições de solo exposto, com a área da microbacia hidrográfica, e com as matas, além das declividades de 12 a 47% sob a presença de campos e pastagens.

As declividades elevadas apresentam pequenas áreas e, normalmente, não são ocupadas pela atividade agrícola. Neste sentido, por um lado estas áreas são mais vulneráveis à erosão em função de sua declividade, mas por outro lado elas são mais preservadas. Considerando a área de ocupação e sua forma de uso em geral, com pecuária ou floresta, este tipo de relevo proporciona uma pequena influência nas condições limnológicas das bacias hidrográficas estudadas.

Em áreas de declividades de 12% a 47% na presença de campos ou pastagens observa-se um aumento na condutividade elétrica que está relacionado a presença de gado e suas atividades biológicas que contribui para o aumento da condutividade elétrica.

As relações das taxas de condutividade elétrica estão mais associadas com a presença do gado em campos ou em pastagens. E quanto as classes de declividade de 12% a 47% e o tamanho da área também influenciam no aumento da taxa de condutividade elétrica

Ambos o potencial de hidrogênio e o total de sedimentos em suspensão estão relacionados com o tamanho das microbacias hidrográficas, pois quanto maior o tamanho da microbacia hidrográfica maior é a taxa do potencial de hidrogênio e de sedimentos em suspensão. O potencial de hidrogênio aumenta sob a presença de matas nas microbacias hidrográficas, pois a existência de galhos e folhas em decomposição libera resíduos químicos que aumentam as taxas de hidrogênio.

Por outro lado, as taxas do potencial de hidrogênio são independentes dos métodos agrícolas de preservação do solo, pois o uso de calcário para corrigir a

acidez do solo faz com que as taxas do potencial de hidrogênio diminuam nos cursos de água.

O total de sedimentos em suspensão está relacionado com as taxas de declividades elevadas, principalmente com a presença de campos em áreas de declividades acima de 12%. As declividades acima de 47% possuem forte influência nas taxas do total de sedimentos em suspensão, de modo que, com o aumento da porcentagem de declividades acima de 47% há o aumento do total de sedimentos em suspensão, principalmente nas microbacias hidrográficas que estão localizadas nas áreas mais de menores altitudes.

As microbacias hidrográficas 8, 9, 10, 11, 12, 13 e 14, na presença das declividades acima de 47% nas áreas mais baixas possuem alta influência na quantidade de sedimentos em suspensão nos cursos de água. Observa-se que nas microbacias hidrográficas localizadas em terrenos mais altos o fato de possuir declividades elevadas, acima de 47%, não é uma relação suficiente para estabelecer um paradigma, pois há outros fatores que interferem na quantidade do total de sedimentos em suspensão nos cursos de água.

7. BIBLIOGRAFIAS

MATHER, Paul. M. **Computer Processing of Remotely-Sensed Images**. England: John Wiley & Sons, 1996.

Assad, Eduardo, Delgado & Sano, Edson. Eyji. **Sistema de Informações Geográficas: Aplicações na agricultura**. 2ª ed. Brasília: Embrapa, 1998.

Burrough, Peter. A. & McDonnell, Rachael. A. **Principles of Geographical Information Systems**. Oxford University Press, 1998.

Chapman, Deborah. **Water Quality Assessments: A guide to the of biota, sediments and water in environmental monitoring**. 2ª ed. Routledge, E & FN SPON, 1996.

DA Luz, Glênio Antônio. **Avaliação de áreas de preservação permanente a partir da caracterização da vegetação na Microbacia Hidrográfica da Sanga da Restinga – RS**. 2005. 80 p. Monografia (Especialização em Geografia e Geociências) - UFSM Santa Maria, 2005.

Da Silveira, Geraldo. Lopes. & Cruz, Jussara. Cabral. **Seleção ambiental de barragens: Análise de favorabilidades ambientais em escala de bacias hidrográficas**. Santa Maria: Ed. UFSM, 2005.

DE Biasi, Mário. **A Carta Clinográfica: Os métodos de representação e sua confecção**. Revista do departamento de Geografia. São Paulo: USP, 1992. p. 45 – 61.

Felicidade, Norma.; Martins, Rodrigo. Constante.; Leme, Alessandro. André. **Uso e gestão dos recursos hídricos no Brasil: velhos e novos desafios para a cidadania**. 2ª ed. São Carlos: RiMa, 2004.

Garcez, Lucas. Nogueira. **Hidrologia**. São Paulo: Editora Edgard Blücher LTDA, 1967.

Instituto Brasileiro do Meio ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, IBAMA-RS. **Código florestal**, Lei Nº 4.771 – de 15 de setembro de 1965.

INPE. **Catálogo CBERS 2**. Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/catalogo/cbers2/.htm>>. Acesso em: 25 de julho de 2005.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Geografia do Brasil: Região Sul**. Rio de Janeiro: IBGE, 1977.

DE QUADROS, F. L. F. & PILLAR, V. P. Transições floresta-campo no Rio Grande do Sul. **Ciência e Ambiente**, v. 24, Janeiro/julho, p. 109-118, 2002.

LADWIG, N. I. **Uma abordagem da geomorfologia fluvial na seção do Rio Vacacaí que compreende o Balneário Passo das Tunas – Restinga Seca – RS**. 1993. 47 f. Trabalho de graduação (Relatório apresentado á disciplina Trabalho de Graduação A). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1993.

MOREIRA, Maurício. A. **Fundamentos de sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. 2ª ed. Viçosa: UFV, 2003.

Pereira filho, Waterloo. **Influência dos diferentes tipos de uso da terra em bacias hidrográficas sobre sistemas aquáticos da margem esquerda do Reservatório de Tucuruí – Pará**. 2000. 138 p. Tese (Doutorado em Geografia Humana)- USP São Paulo, 2000.

RICHARDS. John, A. **Remote Sensing Digital Images Analysis: An introduction**. 3ªed, Springer – Verlag, New York, 1995.

Rocha, José Sales Mariano da Rocha _____. **Cartilha Ambiental**. Santa Maria: Pallotti, 2001.

Rocha, José Sales Mariano da Rocha. **Manual de projetos ambientais**. Santa Maria: Imprensa Universitária, 1997.

Tucci, Carlos. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: Ed da Universidade: ABRH: EDUSP, 1993.

Tucci, Carlos. E. M. **Modelos hidrológicos**. Porto Alegre: Ed da Universidade/UFRGS/Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 1998.

Ward, Andy. D. & Elliot, William. J. **Environmental Hidrology**. New York: Ed Lewis Publishers, 1995.

DE BIASI, M. A carta clinográfica: os métodos de representação e sua confecção. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo: USP, p. 45 - 61, 1992

8. ANEXOS

Anexo 1 – Georreferenciamento das Cartas Topográficas,

Anexo: 1		Carta de Restinga Sêca		
Controle de pontos utilizados na transformação para coordenadas UTM				
Antigo X	Antigo Y	Novo X	Novo Y	Residual
460,96	5630,74	260000	6706000	0,213675
440,71	4434,78	260000	6700000	0,802534
417,39	3239,58	260000	6694000	1,442062
369,42	448,79	260000	6680000	0,285008
1170,32	432,1	264000	6680000	0,61261
1970,91	415,62	268000	6680000	0,924834
3168,65	390,76	274000	6680000	1,792392
4771,05	359,1	282000	6680000	0,17547
4784,58	1155,69	282000	6684000	0,092495
4798,77	1952,34	282000	6688000	0,735965
4818,45	3147,63	282000	6694000	0,10203
4858,52	5538,62	282000	6706000	0,636755
3660,06	5562,67	276000	6706000	0,371515
1260,94	5613,61	264000	6706000	0,194553
2432,85	3993,59	270000	6698000	0,316625
2404,61	2399,45	270000	6690000	0,215698
Erro Médio Quadrático		0,73371		
Carta de Jacuí				
Controle de pontos utilizados na transformação para coordenadas UTM				
Antigo X	Antigo Y	Novo X	Novo Y	Residual
202,34	4246,05	283000	6706000	1,287956
184,55	3318,54	283000	6700000	0,716145
167,43	2393,59	283000	6694000	2,283888
177,73	3009,53	283000	6698000	1,159342
120,91	228,35	283000	6680000	0,856337
909,28	212,94	288000	6680000	2,207943
1534,61	201,73	292000	6680000	1,003149
2788,22	183,12	300000	6680000	2,153648
3732,56	171,28	306000	6680000	1,79693
3743,53	1098,54	306000	6686000	0,646365
3757,52	2026,63	306000	6692000	0,777303
3765,51	2645,61	306000	6696000	0,745381
3786,4	4194,52	306000	6706000	0,613322
2849,64	4206,54	300000	6706000	2,568876
1919,05	4219,55	294000	6706000	1,451751
985	4233	288000	6706000	2,093096
Erro Médio Quadrático		1,54627		

Carta de Camobi				
Controle de pontos utilizados na transformação para coordenadas UTM				
Antigo X	Antigo Y	Novo X	Novo Y	Residual
202,54	4110,48	234000	6732000	0,929658
175,81	3172,66	234000	6726000	0,821591
151,09	2235,7	234000	6720000	1,197865
406,95	43,68	236000	6706000	2,362556
1358,32	20,8	242000	6706000	1,791456
2309,8	311,69	248000	6708000	0,932329
3566,48	284,57	256000	6708000	1,273947
3580,51	908,15	256000	6712000	1,654053
3598,4	1849,05	256000	6718000	1,190715
3615,45	2787,08	256000	6724000	2,286605
3645,46	4034,75	256000	6732000	2,351096
515,8	4104,29	236000	6732000	0,937809
1140,35	4089,56	240000	6732000	2,131345
2081,39	4070,33	246000	6732000	0,492807
2043,33	2508,38	246000	6722000	1,168925
2023,99	1569,93	246000	6716000	1,418463
Erro Médio Quadrático		1,545369		

Carta de Faxinal do Soturno				
Controle de pontos utilizados na transformação para coordenadas UTM				
Antigo X	Antigo Y	Novo X	Novo Y	Residual
145,33	4065,88	258000	6732000	2,148163
107,45	2523,56	258000	6722000	1,359298
390,99	1279,09	260000	6714000	1,656511
371,92	347,4	260000	6708000	0,450972
1925,95	314,55	270000	6708000	1,771756
3480,5	283,8	280000	6708000	1,023666
3790,45	280,12	282000	6708000	2,031261
3812,74	1514,36	282000	6716000	1,451664
3838,82	2744,93	282000	6724000	2,578991
3563,12	4294,59	280000	6734000	0,462684
2633,44	4318,85	274000	6734000	1,814167
1700,61	4340,63	268000	6734000	2,162588
1081,47	4353,5	264000	6734000	1,064398
1978,16	2789,61	270000	6724000	0,791804
2599,15	2776,44	274000	6724000	1,329842
1640,07	1559,69	268000	6716000	0,921485
Erro Médio Quadrático		1,562067		

Carta do Arroio do Só				
Controle de pontos utilizados na transformação para coordenadas UTM				
Antigo X	Antigo Y	Novo X	Novo Y	Residual
413,1	4095,6	236000	6704000	0,230527
373,17	2546,67	236000	6694000	2,039596
348,54	1615,52	236000	6688000	0,965641
316,71	375,45	236000	6680000	0,870088
1561,34	342,22	244000	6680000	1,224823
2492,76	319,58	250000	6680000	1,245607
3737,81	294,2	258000	6680000	1,641143
3780,5	2147,31	258000	6692000	2,324969
3815,81	3697,63	258000	6702000	1,244655
3830,5	4319,7	258000	6706000	1,31607
2897,89	4343,15	252000	6706000	3,325565
1346,55	4223,1	242000	6705000	1,568132
727,86	4240,5	238000	6705000	1,547986
2243,51	2803,7	248000	6696000	1,504292
2214,52	1568,63	248000	6688000	2,897262
2190,53	637,27	248000	6682000	0,134467
Erro Médio Quadrático		1,71253		

Anexo 2 – Dados Limnológicos das Microbacias Hidrográficas.

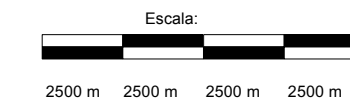
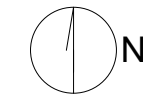
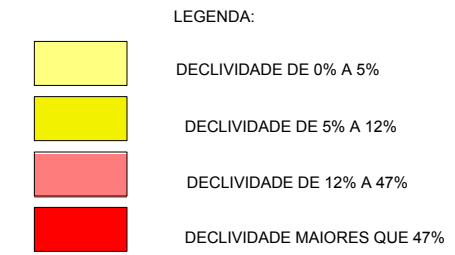
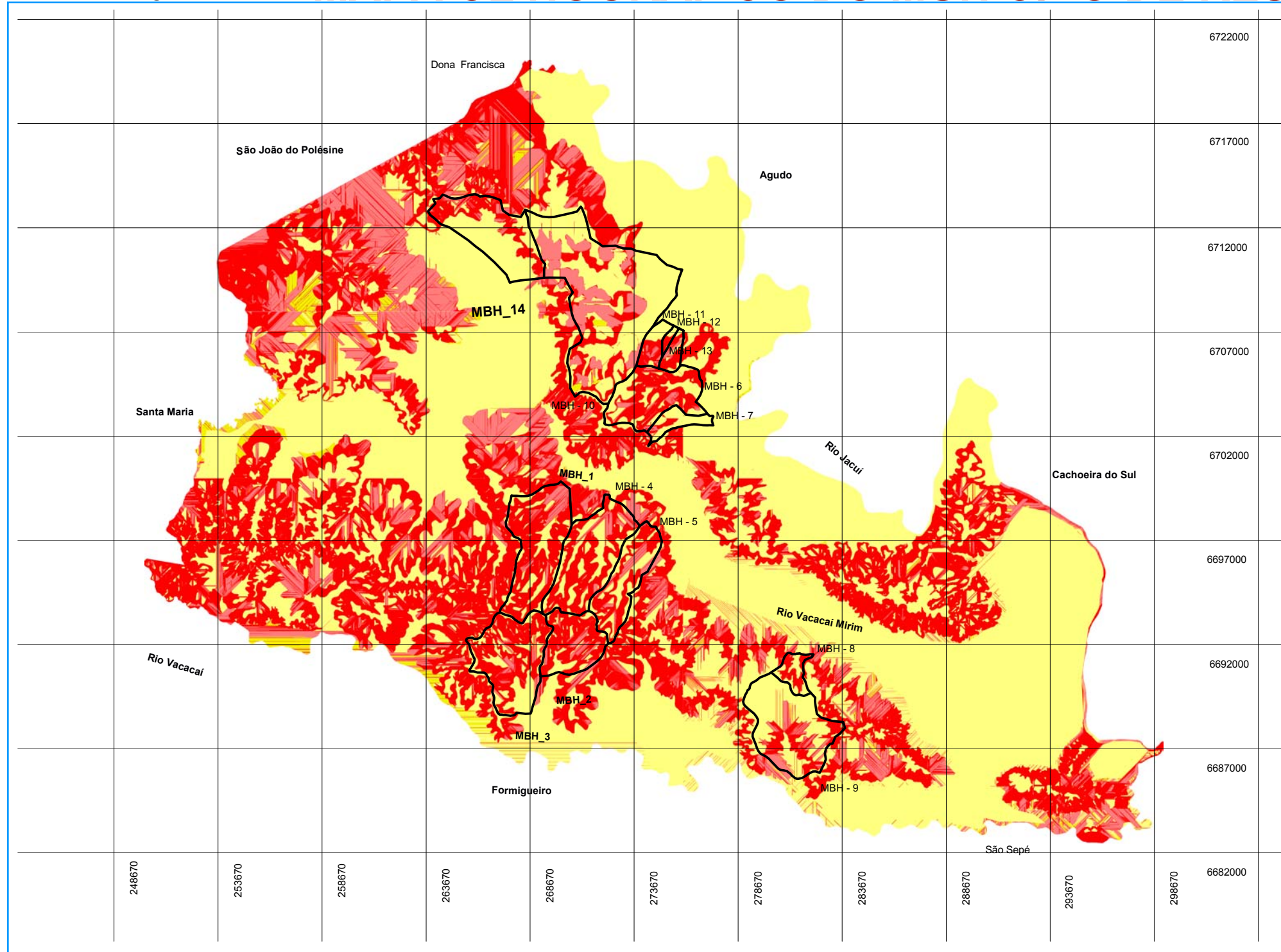
amostra	quat, (ml)	peso 1 (g)	peso 2 (g)	peso 1-2 (g)	g/l de sedimentos
MBH-1	150	0,08938	0,09168	0,0023	0,015333333
MBH-2	150	0,07724	0,07927	0,00203	0,013533333
MBH-3	150	0,08933	0,09348	0,00415	0,027666667
MBH-5	150	0,08976	0,09251	0,00275	0,018333333
MBH-6	150	0,08909	0,0937	0,00461	0,030733333
MBH-8	150	0,08928	0,09298	0,0037	0,024666667
MBH-9	150	0,07639	0,0771	0,00071	0,004733333
MBH-13	150	0,0893	0,09207	0,00277	0,018466667
MBH-16	150	0,09032	0,09256	0,00224	0,014933333
MBH-17	150	0,0765	0,09459	0,01809	0,1206
MBH-18	150	0,08917	0,0912	0,00203	0,013533333
MBH-19	150	0,08923	0,09054	0,00131	0,008733333
MBH-20	150	0,08971	0,09196	0,00225	0,015
MBH-21	150	0,08924	0,09294	0,0037	0,024666667

Anexo 3 – Dados de CE, TSS, pH, TDS, Temperatura do ar e Temperatura da água correlacionada com as classes dos mapas.

Classe dos mapas	temp. água	CE	TDS	pH	g/l de sedimentos
<47% (%)	0.00	0.336	0.338	0.315	0.164
0 a 5% (%)	0.06	0.670	0.665	0.122	0.871
12% a 47% (%)	0.09	0.437	0.437	0.012	0.733
5% a 12% (%)	-0.36	0.290	0.294	-0.073	0.509
água com sedimento (%)	-0.149	0.099	0.103	0.072	0.080
Água limpa (%)	0.203	0.151	0.154	0.180	0.267
Área total (%)	-0.169	0.641	0.641	0.048	0.854
Campos (%)	-0.345	0.033	0.027	-0.057	-0.021
decl de 0% a 12 % com campos.%	-0.230	-0.314	-0.318	-0.192	-0.1724
decl de 0% a 12% com past.%	-0.263	-0.285	-0.280	-0.055	0.007
decl de 0% a 12% com solo exp.%	0.621	-0.532	-0.532	-0.425	-0.122
decl de 12% a 47 % com campos.%	-0.233	0.488	0.484	0.178	0.206
decl de 12% a 47% com past%	0.112	0.414	0.416	0.254	0.153
decl de 12% a 47% com solo exp.%	0.325	0.014	0.020	0.169	0.134
Matas (%)	-0.497	0.453	0.448	0.357	-0.164
Pastagens (%)	-0.172	0.078	0.085	0.178	0.150
Solo exposto (%)	0.561	-0.281	-0.278	-0.119	0.025

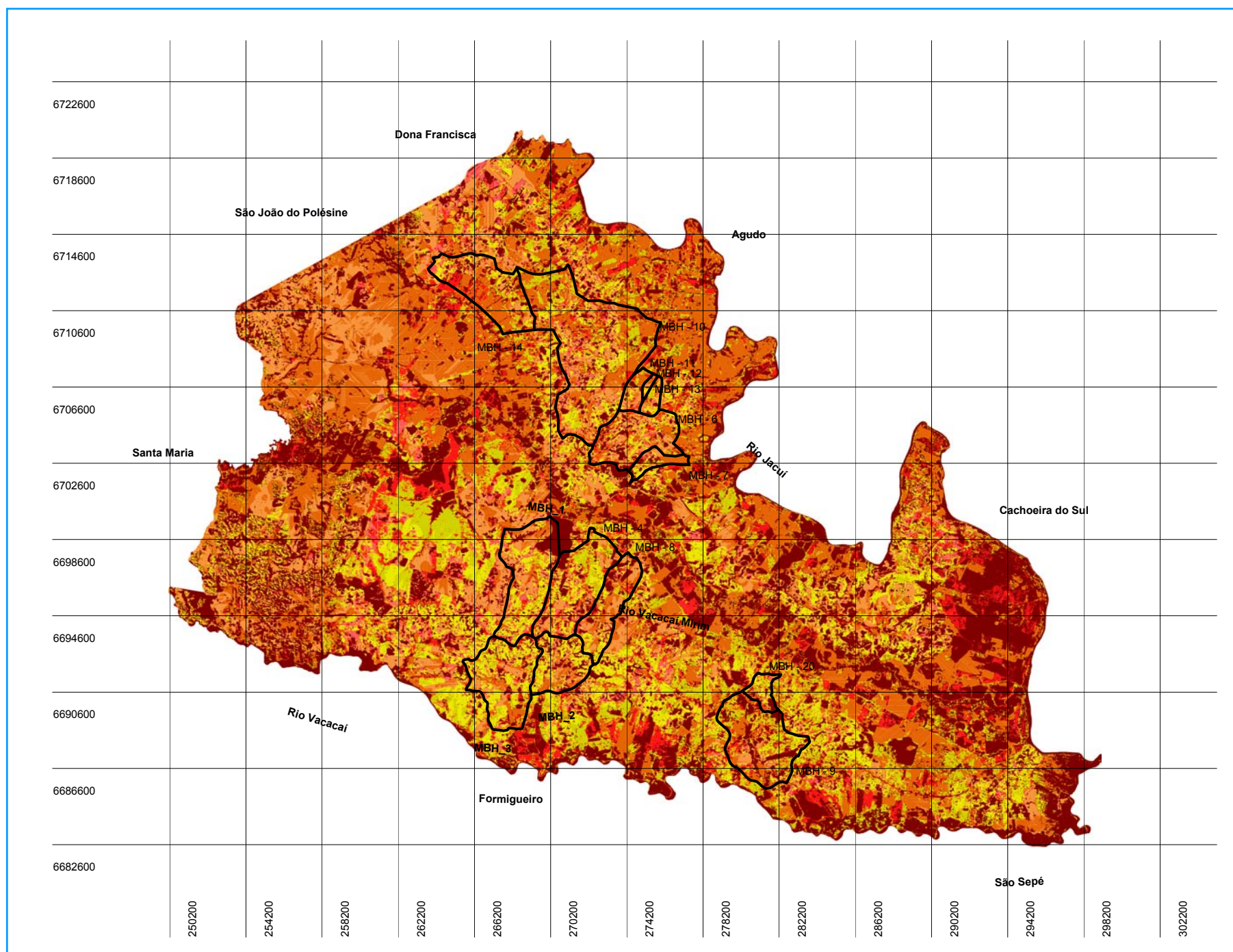
ANEXO: 4

MAPA CLINOGRÁFICO DO MUNICÍPIO DE RESTINGA SÊCA (2006)

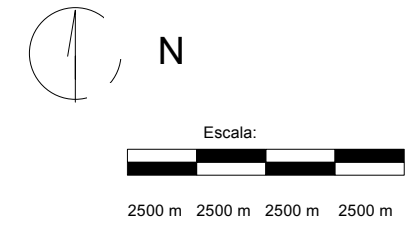


ORIGEM DA QUILOMETRAGEM UTM:
"EQUADOR E MERIDIANO 51° W GR."
ACRESCIDAS AS CONSTANTES: 10.000 KM E
500 KM, RESPECTIVAMENTE.
DATUM VERTICAL: MARÉGRAFO DE TORRES-
RIO GRANDE DO SUL.
DATUM HORIZONTAL: OBSERVATÓRIO DA
COMISSÃO DA CARTA GERAL DO
BRASIL-RS.

CRUZAMENTO ENTRE AS CLASSES DE DECLIVIDADE E USO DA TERRA

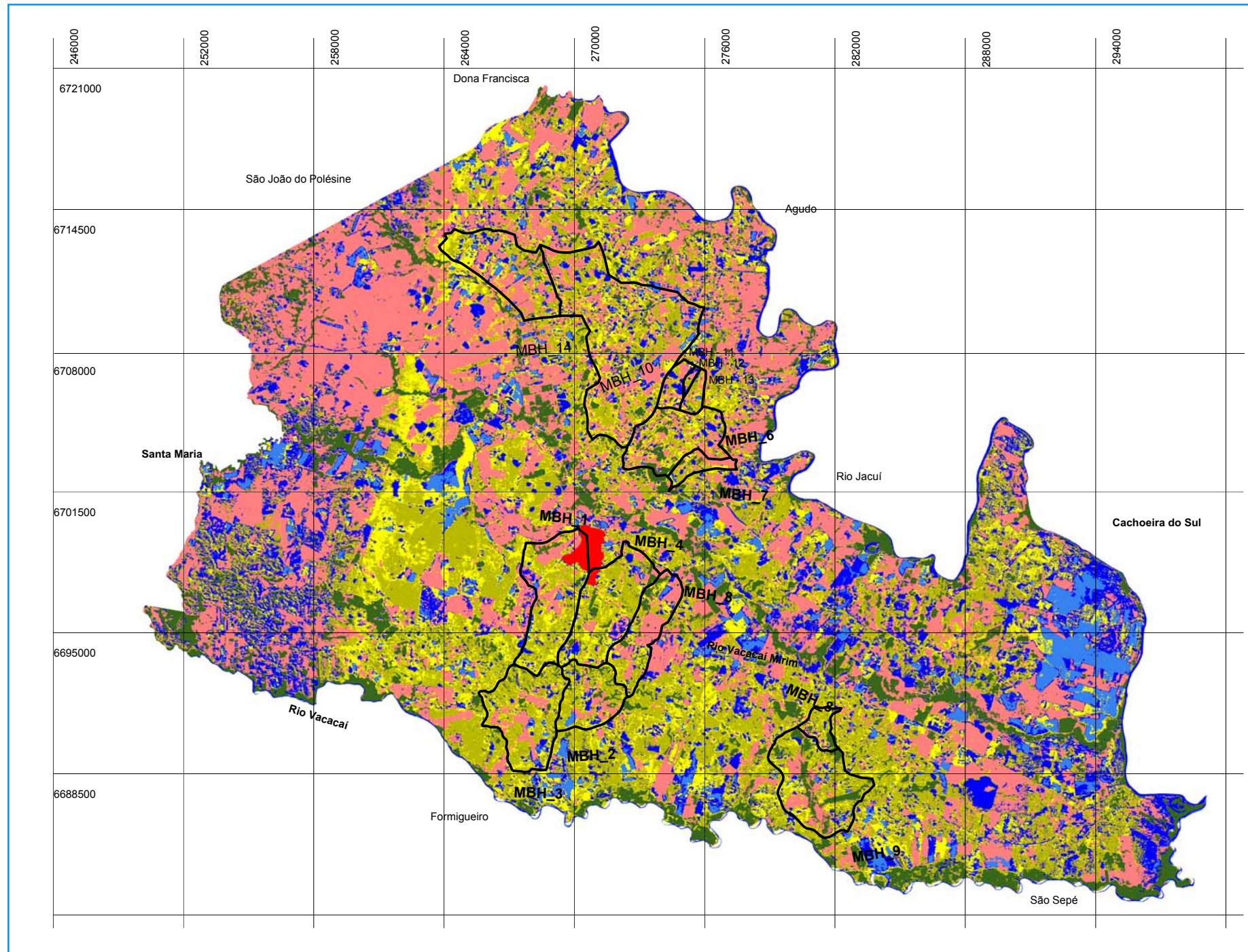


- Legenda:
- classes de uso da terra não incluídas
 - decl 0% a 12% | campos
 - decl 12% a 47% | campos
 - decl 0% a 12% | solo exposto
 - decl 12% a 47% | solo exposto
 - decl 0% a 12% | pastagens
 - decl 12% a 47% | pastagens

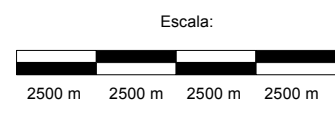


ORIGEM DA QUILOMETRAGEM UTM: "EQUADOR E MERIDIANO 51° W GR."
 ACRESCIDAS AS CONSTANTES: 10.000 KM E 500 KM RESPECTIVAMENTE.
 DATUM VERTICAL: MARÉGRAFO DE TORRES- RIO GRANDE DO SUL.
 DATUM HORIZONTAL: OBSERVATÓRIO DA COMISSÃO DA CARTA GERAL DO BRASIL-RS.

MAPA DE USO DA TERRA DO MUNICIPIO DE RESTINGA SÊCA- 25 DE JUI/05

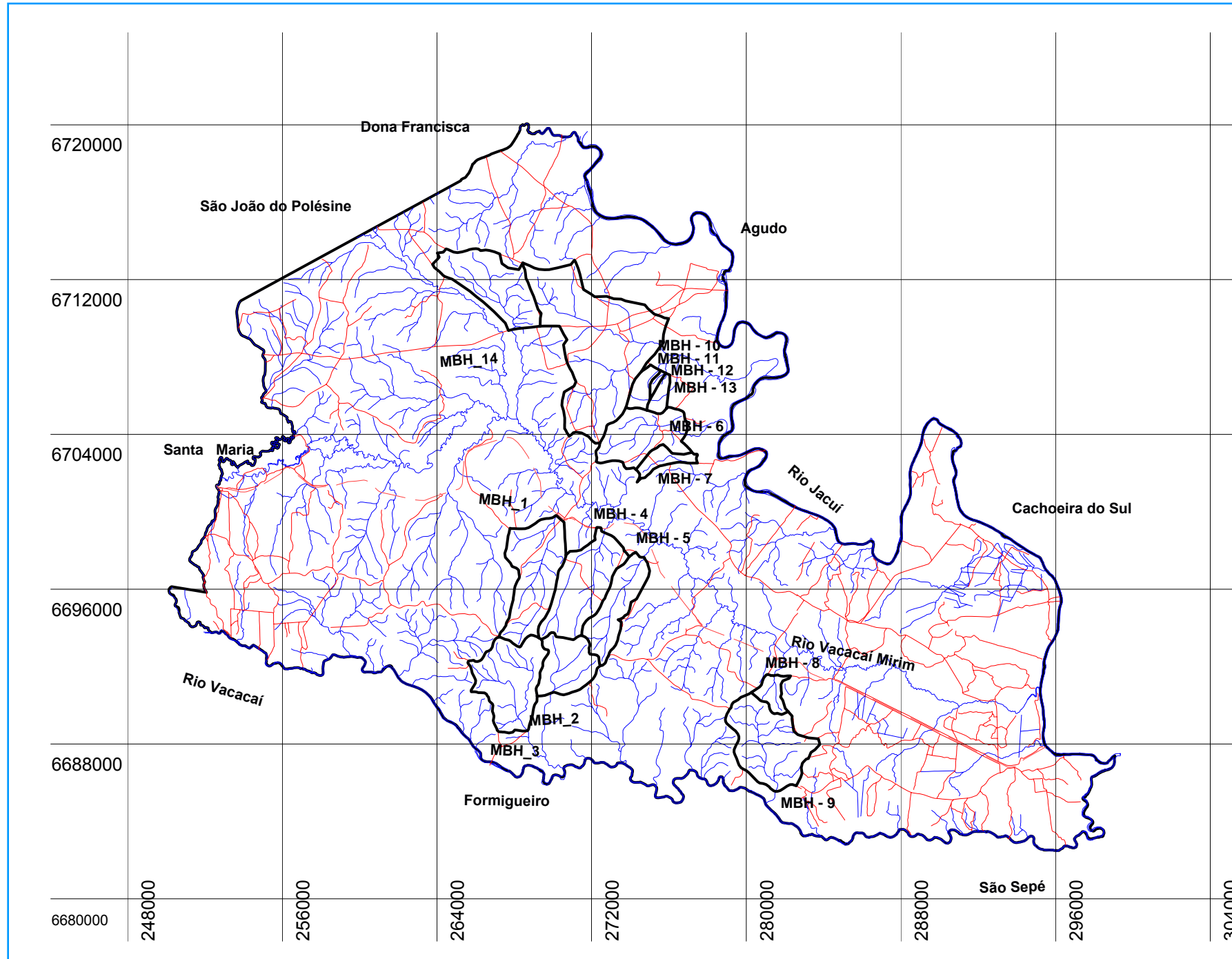


- Legenda:
- Campos
 - Solo exposto
 - Pastagens
 - Água limpa
 - Água suja
 - Matas
 - Área urbana
 - Areia






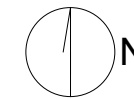
ORIGEM DA QUILOMETRAGEM UTM: "EQUADOR E MERIDIANO 51° W GR." ACRESCIDAS AS CONSTANTES: 10.000 KM E 500 KM. RESPECTIVAMENTE DATUM VERTICAL: MARÉGRAFO DE TORRES- RIO GRANDE DO SUL DATUM HORIZONTAL: OBSERVATÓRIO DA COMISSÃO DA CARTA GERAL DO BRASIL-RS.

MAPA BASE

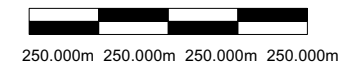


LEGENDA:

-  LIMITE
-  REDE HIDROGRÁFICA
-  ESTRADAS
-  FERROVIA



ESCALA:



ORIGEM DA QUILOMETRAGEM UTM:
"EQUADOR E MERIDIANO 51° W GR."
ACRESCIDAS AS CONSTANTES: 10.000 KM E
500 KM. RESPECTIVAMENTE.
DATUM VERTICAL: MARÉGRAFO DE TORRES-
RIO GRANDE DO SUL.
DATUM HORIZONTAL: OBSERVATÓRIO DA
COMISSÃO DA CARTA GERAL DO BRASIL-RS.